



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y

ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

T E S I S

**EFFECTO DE LOS NIVELES DE NITRÓGENO Y POTASIO EN LA
PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays* L.) HÍBRIDO
DK - 1596, BAJO RIEGO POR GOTEO EN ZONAS ÁRIDAS -
EN AGRÍCOLA PAMPA BAJA SAC, IRRIGACIÓN DE
MAJES – AREQUIPA**

PRESENTADA POR

BACHILLER CORNELIO ASTACIE MERMA

ASESOR

ING. URBANO FERMÍN VÁSQUEZ ESPINO

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÓNOMO

MOQUEGUA – PERÚ

2018



CONTENIDO

| | Pág. |
|--------------------------|-------------|
| PORTADA | |
| Contenido..... | i |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| ÍNDICE DE APÉNDICES..... | |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | xii |

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|---|----|
| 1.1. Descripción de la realidad del problema..... | 14 |
| 1.2. Definición del problema..... | 14 |
| 1.2.1. Problema general..... | 14 |
| 1.2.2. Problemas derivados o específicos..... | 15 |
| 1.3. Objetivos de la investigación..... | 15 |

| | |
|---|----|
| 1.3.1. Objetivo general..... | 15 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 15 |
| 1.4. Justificación..... | 16 |
| 1.4.1. Económico..... | 16 |
| 1.4.2. Social..... | 16 |
| 1.4.3. Ambiental..... | 16 |
| 1.5. Alcances y limitaciones..... | 16 |
| 1.5.1 Alcances..... | 16 |
| 1.5.1. Limitaciones..... | 17 |
| 1.6. Variables..... | 17 |
| 1.6.1. Operacionalización de variables..... | 17 |
| 1.7. Hipótesis de la investigación..... | 18 |
| 1.7.1. Hipótesis general..... | 18 |
| 1.7.2. Hipótesis general o derivadas..... | 18 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 19 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 22 |
| 2.2.1. Origen del maíz..... | 24 |
| 2.2.3. Nutrición de la planta..... | 31 |
| 2.3. Definición de términos..... | 36 |

CAPÍTULO III

MÉTODO

| | |
|---------------------------------|----|
| 3.1. Tipo de investigación..... | 38 |
|---------------------------------|----|

| | |
|---|----|
| 3.2. Diseño de investigación..... | 38 |
| 3.2.1. Diseño experimental..... | 38 |
| 3.2.2. Modelo aditivo lineal..... | 39 |
| 3.2.3. Pruebas estadísticas..... | 39 |
| 3.2.4. Características del campo experimental..... | 40 |
| 3.3. Población y muestra..... | 42 |
| 3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos..... | 42 |
| 3.4.1. Historial del campo experimental..... | 42 |
| 3.4.2. Características climáticas..... | 44 |
| 3.4.3. Condiciones edáficas..... | 45 |
| 3.4.4. Material..... | 45 |
| 3.4.5. Biológico..... | 45 |
| 3.4.8. Instalación del experimento..... | 46 |
| 3.4.9. Cosecha..... | 48 |
| 3.4.10. Características evaluadas..... | 48 |
| 3.4.11. Antes de la cosecha..... | 48 |
| 3.4.12. Después de la cosecha..... | 48 |

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

| | |
|--------------------------------------|----|
| 4.1. Presentación de resultados..... | 50 |
| 4.1.1. Porcentaje de emergencia..... | 50 |
| 4.1.2. Altura de planta..... | 53 |
| 4.1.3. Número de hojas verdes..... | 55 |
| 4.1.4. Altura de mazorca..... | 58 |

| | |
|--|----|
| 4.1.5. Longitud de mazorca..... | 60 |
| 4.1.6. Número de granos por mazorca..... | 63 |
| 4.1.7. Peso de grano..... | 65 |
| 4.1.8. Peso de planta..... | 67 |
| 4.1.9. Rendimiento de grano..... | 70 |
| 4.1.10. Rendimiento forraje verde a 32 % de materia seca en toneladas por hectárea..... | 73 |
| 4.2. Contrastación de hipótesis..... | 76 |
| 4.3.1. Porcentaje de emergencia en porcentaje..... | 76 |
| 4.3.2. Altura de planta en centímetros..... | 77 |
| 4.3.3. Número de hojas verdes en unidad..... | 78 |
| 4.3.4. Altura de mazorca en centímetros..... | 79 |
| 4.3.5. Longitud de mazorca en centímetros..... | 79 |
| 4.3.6. Número de granos por mazorca en unidad..... | 79 |
| 4.3.7. Peso de grano en gramos..... | 80 |
| 4.3.8. Peso de planta en gramos..... | 80 |
| 4.3.9. Rendimiento de grano en toneladas por hectárea..... | 81 |
| 4.3.10. Rendimiento forraje verde con 32 % de materia seca en toneladas por hectárea..... | 81 |
| 4.3.11. Comparación de índice de verdor y digestibilidad a la cosecha de los tres niveles de nitrógeno..... | 83 |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|------------------------|----|
| 5.1. Conclusiones..... | 91 |
|------------------------|----|

| | |
|---------------------------------|----|
| 5.2. Recomendaciones..... | 93 |
| Referencias bibliográficas..... | 94 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Operacionalización de las variables..... | 17 |
| Tabla 2. Temperaturas óptimas para cultivo de maíz forrajero | 29 |
| Tabla 3. Tratamientos utilizados | 39 |
| Tabla 4. Fuentes de variación y grados de libertad..... | 40 |
| Tabla 5. Datos meteorológicos de la zona del experimento..... | 44 |
| Tabla 6. Análisis de la varianza para emergencia en porcentaje..... | 51 |
| Tabla 7. Porcentaje de emergencia para los niveles de potasio | 52 |
| Tabla 8. Porcentaje de emergencia para los niveles de nitrógeno..... | 52 |
| Tabla 9. Análisis de la varianza para altura de planta en centímetros | 54 |
| Tabla 10. Altura de planta para niveles de potasio en centímetros..... | 54 |
| Tabla 11. Altura de planta para niveles de nitrógeno en centímetros | 55 |
| Tabla 12. Análisis de la varianza para número de hojas verdes en unidades..... | 56 |
| Tabla 13. Número de hojas verdes para niveles de potasio en unidades | 57 |
| Tabla 14. Número de hojas verdes para niveles de nitrógeno en unidades | 57 |
| Tabla 15. Análisis de la varianza para altura de mazorca en centímetros..... | 59 |
| Tabla 16. Altura de mazorca para niveles de potasio en centímetros | 59 |
| Tabla 17. Altura de mazorca para niveles de nitrógeno en centímetros | 60 |

| | |
|--|----|
| Tabla 18. Análisis de la varianza para longitud de mazorca en centímetros | 61 |
| Tabla 19. Longitud de mazorca para niveles de potasio en centímetros..... | 61 |
| Tabla 20. Longitud de mazorca para niveles de nitrógeno en centímetros | 62 |
| Tabla 21. Análisis de la varianza para número de granos por mazorca en unidades..... | 64 |
| Tabla 22. Número de granos por mazorca para los niveles de potasio en unidades | 64 |
| Tabla 23. Número de granos por mazorca para los niveles de nitrógeno en unidades | 65 |
| Tabla 24. Análisis de la varianza para peso de grano en gramos..... | 66 |
| Tabla 25. Peso de grano para los niveles de potasio en gramos | 66 |
| Tabla 26. Peso de grano para los niveles de nitrógeno en gramos..... | 67 |
| Tabla 27. Análisis de la varianza para peso de planta en gramos | 68 |
| Tabla 28. Prueba de efectos simples de niveles de nitrógeno para peso de planta en g, acorde a la prueba de Duncan al 0,05 | 68 |
| Tabla 29. Análisis de efectos principales de interacción de para de planta en potasio por peso nitrógeno gramos, acorde a la prueba de Duncan al 0,05..... | 69 |
| Tabla 30. Peso de planta para los niveles de potasio en gramos..... | 69 |
| Tabla 31. Análisis de la varianza para rendimiento de grano en ton/ha | 71 |
| Tabla 32. Rendimiento de grano para los niveles de potasio en ton/ha | 71 |
| Tabla 33. Rendimiento de grano para los niveles de nitrógeno en ton/ha | 72 |
| Tabla 34. Análisis de la varianza para rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca en ton/ha | 74 |

| | |
|---|----|
| Tabla 35. Prueba de efectos simples de niveles de nitrógeno para rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca en ton/ha, acorde a la prueba de Duncan al 0,05 | 74 |
| Tabla 36. Análisis de efectos principales de interacción de niveles de potasio por nitrógeno para rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca en ton/ha, acorde a la prueba de Duncan al 0,05 | 75 |
| Tabla 37. Rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca para niveles de potasio | 75 |
| Tabla 38. Requerimiento de temperatura de cultivo de maíz – en grados días.... | 87 |
| Tabla 39. Matriz de correlaciones multiples | 88 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Croquis experimental con medidas..... | 41 |
| Figura 2. Porcentaje de emergencia para los niveles de potasio | 52 |
| Figura 3. Porcentaje de emergencia para los niveles de nitrógeno | 52 |
| Figura 4. Altura de planta para los niveles de potasio | 54 |
| Figura 5. Altura de planta para los niveles de nitrógeno..... | 55 |
| Figura 6. Número de hojas verdes para los niveles de potasio | 57 |
| Figura 7. Número de hojas verdes para los niveles de nitrógeno..... | 57 |
| Figura 8. Altura de mazorca para los niveles de potasio..... | 59 |
| Figura 9. Altura de mazorca para los niveles de nitrógeno..... | 60 |
| Figura 10. Longitud de mazorca para los niveles de potasio | 62 |
| Figura 11. Longitud de mazorca para los niveles de nitrógeno | 62 |
| Figura 12. Número de granos por mazorca para los niveles de potasio..... | 64 |
| Figura 13. Número de granos por mazorca para los niveles de nitrógeno | 65 |
| Figura 14. Peso de grano para los niveles de potasio..... | 66 |
| Figura 15. Peso de grano para los niveles de nitrógeno | 67 |
| Figura 16. Peso de planta para los niveles de potasio | 69 |
| Figura 17. Peso de planta para los niveles de nitrógeno | 70 |
| Figura 18. Rendimiento de grano para los niveles de potasio..... | 72 |
| Figura 19. Rendimiento de grano para los niveles de nitrógeno..... | 72 |
| Figura 20. Rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca para los niveles de potasio | 75 |
| Figura 21. Rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca para los | |

| | |
|--|----|
| niveles de nitrógeno | 76 |
| Figura 22. Tratamiento con 250 unidades de nitrógeno (N) y 120 unidades de potasio (K)..... | 83 |
| Figura 23. Tratamiento con 220 unidades de nitrógeno (N) y 120 unidades de potasio (K)..... | 83 |
| Figura 24. Tratamiento con 190 unidades de nitrógeno (N) y 120 unidades de potasio (K)..... | 84 |
| Figura 25. Suma de grados día base 10 °C | 86 |
| Figura 26. Registro de temperatura mínima en °C..... | 86 |
| Figura 27. Registro de temperatura media en °C | 86 |
| Figura 28. Registro de suma de horas frío en °C | 87 |

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el proyecto especial Majes Siguan, en las instalaciones de la empresa Agrícola Pampa Baja SAC, localizado en el km 4,5 carretera vía Majes s/n, Caylloma en Arequipa, durante los meses de marzo a agosto del año 2016. El objetivo del estudio de investigación fue determinar el efecto de los niveles de nitrógeno y potasio, en la producción de maíz forrajero híbrido DK-1596, bajo riego por goteo en zonas áridas, para aumentar la producción de forraje verde, materia seca y grano en el cultivo de maíz forrajero. El diseño empleado ha sido bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, teniendo dos factores; niveles de potasio (parcelas) y niveles de nitrógeno (sub parcelas) y tres repeticiones, teniendo un total de 27 unidades experimentales. El tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento de forraje verde fue el T9 con 250 unidades de nitrógeno por 120 de potasio, seguido del tratamiento T5 con 220 de nitrógeno por 90 potasio, el mejor nivel de fertilización con nitrógeno está entre 250 y 220 unidades, luego con potasio es de 120 unidades. Los componentes de longitud de mazorca, peso de planta y rendimiento de forraje verde evaluados, mostraron efectos en los tratamientos en estudio estadísticamente significativos.

Palabras clave: Maíz, nitrógeno, potasio, riego, forrajero, híbrido.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the special project Majes - Sigüas, in the facilities of the company Agrícola Pampa Baja SAC, located at km 4,5 road via Majes s/n, Caylloma in Arequipa, during the months of March to August 2016. The objective of the research study was to determine the effect of nitrogen and potassium levels in the production of hybrid feed corn DK - 1596, under drip irrigation in arid areas, to increase the production of green fodder, dry matter and grain in the fodder maize crop. The design used has been randomized complete blocks with arrangement of divided plots, having 2 factors; potassium levels (plots) and nitrogen levels (subplots) and 3 repetitions, having a total of 27 experimental units. The treatment that obtained the best yield of green forage was T9 with 250 units of nitrogen per 120 of potassium, followed by treatment T5 with 220 of nitrogen per 90 potassium, the best level of fertilization with nitrogen is between 250 and 220 units, then with potassium is 120 units. The components of cob length, plant weight and green forage yield evaluated, showed effects in the statistically significant study treatments.

Keywords: Corn, nitrogen, potassium, irrigation, forage, hybrid.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de Maíz (*Zea mays* L.), es una gramínea originaria de nuestro continente americano, conocido desde las épocas pre incaica é incaica, porque sus granos eran uno de los alimentos básicos del poblador peruano de esas épocas.

En la actualidad se siembra el maíz casi en todo el territorio peruano, desde el nivel del mar hasta uno poco más de 3 000 msnm los rendimientos tanto en grano como en forraje verde, es mayor en climas templados y cálidos con buen abastecimiento de agua.

El maíz es utilizado como forraje por sus altos rendimientos en materia seca y energía, mayormente provenientes de los granos. Teniendo en cuenta que es un cultivo muy importante se hace necesario estudiar todos los aspectos agronómicos que puedan influir en su rendimiento, dentro de ellos tenemos la fertilización, tratando de encontrar los niveles adecuados de nutrientes y logrando el uso eficiente del recurso agua mediante la fertirrigación se logrará una mayor rentabilidad.

La Empresa Agrícola Pampa Baja SAC, cuenta con una explotación de ganado lechero más grande en el sur del Perú, fluctuando una producción de leche de 109 200 kg de leche por día (la leche se mide normalmente en litros en las pequeñas explotaciones y venta en el mercado, en cambio en las explotaciones a gran escala y en las agroindustrias se estima en kg por su contenido de sólidos totales). Con un total de 2 600 vacas en producción, con promedio hato de 42 litros de leche por vaca día. Por otro lado, considerando que la irrigación Majes y la cuenca de Arequipa, que es una zona eminentemente ganadera, el 25 % del área cultivada está destinada a la producción de maíz forrajero cultivo importante en su fuente de energía y fibra para el ganado lechero y de engorde, destinado en su

mayoría para elaboración de ensilado, así para conservar su calidad nutricional

La diferencia en obtener una buena y mala producción, generalmente está orientada al manejo adecuado de riego y fertirriego, labores culturales, sanitario, rotación de cultivos y la influencia del clima en las diferentes épocas del año.

Generalmente se emplea referente a la fertilización, el nitrógeno que es un elemento nutritivo que favorece el crecimiento y la formación de hojas; fósforo que en su aplicación le da vigor y resistencia al cultivo, además mejora la calidad del forraje, luego potasio que interviene en los flujos de líquidos internos de la planta y favorece al llenado de granos.

El interés que despierta desde ya hace muchos años atrás, al cultivo de maíz forrajero con mayor proporción de grano, es un insumo de mucha importancia como alimento energético para el ganado y por su gran demanda en toda la zona sur del país. Y por otro lado la producción de grano se convierte en contenido de almidón para suplir la gran deficiencia de alimento energético que presenta el ganado lechero y hacer de está mucho más productiva y rentable. Por otro lado, el fuerte crecimiento de las empresas; de explotación de animales de granja, en la elaboración de alimentos balanceados, etc.

La globalización del mundo, como proceso irreversible e integrador de la economía mundial nos reta a producir forraje de maíz híbrido que sea rentable y de buena calidad nutritiva para los animales. Tal realidad exige cambios fundamentales de actitud, que propicien el desarrollo de la actividad agropecuaria con clara visión empresarial; por lo que los nuevos sistemas de producción, deben ser eficientes, rentables y sostenibles.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

En la siembra forrajera de maíz se ha introducido diversidad de híbridos en busca de cultivares que tengan alto rendimiento y alta calidad forrajera que permita la nutrición animal adecuada; sin embargo, no se debe olvidar el factor suelo, ya que debemos considerar que una planta bien alimentada podrá maximizar su potencial genético, por el contrario, si una planta no cuenta con los nutrientes necesarios y en el momento oportuno no podrá expresar su potencial genético a plenitud. En ese sentido lograr una mayor eficiencia en el uso del recurso suelo mediante la oportuna y correcta aplicación de nutrientes, en especial nitrógeno y potasio.

1.2. Definición del problema

Actualmente en la empresa Agrícola Pampa Baja SAC, los costos de producción de maíz forrajero constituyen alrededor de 30 % sólo en gastos de fertilizantes. Por ello es muy importante encontrar los niveles adecuados de nitrógeno y potasio, así con estos resultados se puede ajustar y mantener los costos de producción, conservando los mejores rendimientos de esta investigación

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el efecto de los niveles de nitrógeno y potasio en la producción de maíz

forrajero (*Zea mays* L.) híbrido DK-1596, bajo riego por goteo en zonas áridas en Agrícola Pampa Baja SAC, irrigación de Majes Arequipa?

1.2.2. Problemas derivados o específicos

¿Cómo sería el efecto de nivel de nitrógeno y potasio en el cultivo de maíz forrajero, híbrido DK-1596, empleando riego por goteo?

¿Cuál sería la rentabilidad de maíz forrajero híbrido DK-1596, considerando la efectividad de la relación de nitrógeno y potasio, en zonas áridas?

¿Cuánto será el rendimiento de maíz forrajero híbrido DK-1596, estimando el resultado de la relación de nitrógeno y potasio?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de los niveles de nitrógeno y potasio, en la producción de maíz forrajero híbrido DK-1596, bajo riego por goteo en zonas áridas en Agrícola Pampa Baja SAC, Irrigación de Majes Arequipa.

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de nivel de nitrógeno y potasio, en el cultivo de maíz forrajero, el desarrollo de híbrido DK-1596 empleando riego por goteo sobre la emergencia, considerando el porcentaje de germinación de semilla

Calcular el producto final de maíz forrajero híbrido DK-1596, considerando la efectividad de la relación de nitrógeno y potasio en zonas áridas, de altura de planta, número de hojas verdes, altura de mazorca, longitud de mazorca, número de granos por mazorca, peso de grano y peso de planta

Comprobar el rendimiento de maíz forrajero híbrido DK-1596, estimando el resultado de la relación de nitrógeno y potasio de grano y forraje verde

1.4. Justificación

1.4.1. Económico

Empleando el uso eficiente del recurso de agua mediante la fertirrigación, se proyecta obtener un mayor rendimiento con una alta uniformidad en la calidad (con un buen contenido de porcentaje de almidón en el silo de maíz)

Por lo dicho anteriormente, mediante el empleo adecuado de los niveles de nitrógeno y potasio con fertirrigación se busca nuevas alternativas en la fertilización del cultivo de maíz forrajero híbrido DK-1596, alternativas que sean menos costosas que con los niveles actualmente son usados

1.4.2. Social

Encontrando los niveles adecuados de los nutrientes de nitrógeno y potasio beneficiará a la comunidad y a la empresa, para el manejo adecuado de nutrición en el cultivo de maíz forrajero

1.4.3. Ambiental

Se considera que el manejo adecuado de los nutrientes es el punto de partida para poder desarrollar una agricultura sostenible y colaborar con el medio ambiente, al reducir la aplicación de fertilizantes nitrogenados; se bajará la emisión de N_2O (gas efecto invernadero) tratando de esta manera de llegar a la sostenibilidad en el cultivo de maíz

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

Con los resultados de este trabajo de investigación de niveles de fertilización de nitrógeno y potasio, en maíz híbrido de DK-1596 con riego por goteo, beneficiará a la Empresa Agrícola Pampa Baja SAC, la irrigación de Majes el Pedregal y

lugares aledañas, en la siembra de cultivo de maíz forrajero, para satisfacer la necesidad en el abastecimiento de alimento de calidad, para la explotación de ganado lechero en esta cuenca

1.5.1. Limitaciones

Las bajas temperaturas registradas durante el período vegetativo del presente trabajo de investigación, ha sido muy limitante para el desarrollo del cultivo, por haberse instalado en temporada de invierno, por efecto de estas bajas temperaturas el cultivo no mostró diferencias significativas estadísticamente en sus diferentes variables y sólo en algunas, donde la planta no pudo realizar un buen metabolismo para asimilar los niveles de nitrógeno y potasio suministrados.

1.6. Variables

1.6.1. Operacionalización de variables

Para el presente trabajo de investigación se utilizaron dos factores; niveles de potasio (parcelas) y niveles de nitrógeno (sub parcelas) y tres repeticiones, teniendo un total de 27 unidades experimentales, considerando variables como:

Tabla 1

Operacionalización de las variables

| Variable | Dimensión | Indicador pre-cosecha | Indicador post-cosecha |
|-----------------|---|--|--|
| Independiente | Nueve tratamientos en estudio con tres repeticiones | Absorción de nitrógeno Absorción de potasio | Extracción de nitrógeno Extracción de potasio |
| Dependiente | Producción de maíz forrajero. | Desarrollo de maíz forrajero, altura de planta, mazorca, diámetro de tallo y área foliar | Rendimiento de maíz picado - ensilado |

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general

Con buen empleo de niveles adecuados de nitrógeno y potasio bajo riego por goteo, se lograría una producción igual o superior a la obtenida con los niveles normalmente aplicados, en el cultivo de maíz forrajero híbrido DK-1596, en zonas áridas de Agrícola Pampa Baja SAC

1.7.2. Hipótesis general o derivadas

Al emplear un buen nivel de nitrógeno bajo riego por goteo en zonas áridas, se lograría una producción igual o superior a la encontrada, en el cultivo de maíz forrajero híbrido DK-1596

Al usar un buen nivel de potasio bajo riego por goteo en zonas áridas, se lograría una producción igual o superior a la encontrada, en el cultivo de maíz forrajero híbrido DK-1596

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Miguez y Windauer (2008) aplicaron 15 L/ha de una solución acuosa de sulfato de amonio foliar, donde se encontró un aumento en la concentración de nitratos y sulfatos en jugo de tallo, la medición se hizo en el entrenudo en elongación. El rendimiento en grano aumentó significativamente por el agregado del fertilizante, manteniendo el contenido de proteína (Miguez y Windauer, 2008).

Estudios realizados por Aguilar (1991) sobre el efecto del fraccionamiento en cuatro niveles de nitrógeno en la producción de maíz “Opaco mal paso” para forraje en la irrigación Majes, determinaron que el mejor nivel de nitrógeno es el de 200 unidades por hectárea fraccionado en tres partes (25 % a la siembra, 25 % al aporque y 50 % a los 84 días de la siembra) obteniendo la mejor rentabilidad, bajo riego por aspersión (Aguilar, 1991).

Guillén (1998) evaluó el efecto de la fertilización potásica y oportunidades de fraccionamiento en maíz para forraje en la irrigación La Joya, en un entisol de textura franco arenosa, con un nivel de potasio alto (654 ppm), donde concluyó que el nivel de 70 unidades de potasio por hectárea con dos fraccionamientos, es el que mostró la mejor rentabilidad económica al no encontrar diferencias estadísticas

significativas con los demás niveles (0-140-210-280 y 350 unidades de potasio por hectárea) obteniendo un rendimiento de 80,93 ton/ha, es preciso señalar que el experimento fue conducido bajo riego por gravedad (Guillén, 1998).

Estudios realizados por Bermejo (1999) sobre el efecto de nitrógeno y estiércol en el rendimiento de maíz forrajero “Opaco mal paso” en la irrigación La Joya, determinaron que el mejor nivel de nitrógeno es el de 250 unidades por hectárea, obteniendo un rendimiento de forraje verde promedio de 72,72 ton/ha, bajo riego por gravedad, sin embargo, con el nivel que se obtuvo mejor rentabilidad fue con el de 200 unidades de nitrógeno por hectárea (Bermejo, 1999).

Todas las plantas requieren una serie de nutrientes que los obtienen del medio que las rodea y se clasifican en no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno) y minerales. En el caso de los minerales se clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc); todos son importantes y deben mantener un equilibrio para el óptimo desarrollo de los vegetales; se podría decir que el N, P y K son los elementos que más se toman en cuenta ya que éstos son absorbidos en mayor cantidad por las plantas; es menos probable encontrar deficiencias en los minerales secundarios y micronutrientes (Gámez, 2002).

Si el análisis de suelo indica por una parte deficiencia de nitrógeno y materia orgánica, se debe agregar el nitrógeno en dos formas de fertilizantes: urea y sulfato de amonio. De igual manera, si el análisis manifiesta deficiencias en fósforo y potasio, estos elementos deben incorporarse en forma de superfosfato y muriato de potasio. De una manera general y atendiendo a la manera de absorción y el desdoblamiento de los elementos N, P y K, se recomienda que el fertilizante que

contiene el nitrógeno debe aplicarse fraccionado (50 % a la siembra y el resto entre los 35 a 45 días del cultivo). Los fertilizantes que contienen fósforo y potasio se deben incorporar al suelo previo a la siembra (Orozco, 2010)

El nitrógeno se encuentra en forma libre como componente del aire; en forma orgánica, constituyendo la formación de tejidos y órganos vegetales, animales, desechos y en forma mineral como compuestos simples que se caracterizan por su solubilidad mayor o menor según los distintos medios (Rodríguez, 2010).

Turati y Rivero (2000) indica que los rendimientos de una plantación de maíz están en función de los nutrientes disponibles en el suelo, especialmente del que se encuentra en menor cantidad y del potencial de producción de la variedad o híbrido que se siembra en una determinada zona (Turati y Rivero, 2000).

La producción de maíz y la utilización de nitrógeno pueden ser afectadas por el tipo de suelo y época de aplicación del fertilizante nitrogenado, condiciones climáticas, y propiedades físicas y químicas de los suelos (Delgado, 2004).

El maíz es un cultivo sensible al frío y sufre daños a temperaturas entre cero y 10 °C si está expuesto a la luz normal, y a temperaturas entre 10 y 15 °C cuando está expuesto a la luz intensa, dependiendo de los cultivares estudiados. Los efectos de las bajas temperaturas se manifiestan tanto sobre las funciones enzimáticas como sobre las propiedades de las membranas y se ponen en evidencia por la reducción de la fotosíntesis, del crecimiento, de la extensión de las hojas y por la absorción de agua y nutrimentos (Miedema, 1982) Las temperaturas entre cero y 10 °C pueden también resultar en un desarrollo radical anormal y en la pérdida de turgencia (Aloni, 1991).

2.2. Bases teóricas

El cultivo de maíz es de mucha importancia a nivel mundial y a nivel nacional por la superficie cultivada y por ser un producto muy importante dentro de la alimentación animal en especial en la parte sur del Perú, donde la actividad pecuaria se encuentra muy arraigada. Teniendo en cuenta que es un cultivo muy importante se hace necesario estudiar todos los aspectos agronómicos que puedan influir en su rendimiento, dentro de ellos tenemos la fertilización, tratando de encontrar los niveles adecuados de nutrientes (Villagarcía, 1990).

Podemos indicar que el maíz es un cereal originario de América, cuya importancia en la alimentación humana y últimamente en la alimentación animal, ha permitido el desarrollo de culturas pre incas y del imperio incaico, así como los Mayas en Guatemala y Azteca en México. El maíz puede considerarse como la base de la alimentación en las culturas americanas, como lo fue el arroz en las culturas asiáticas y el trigo en las del Medio Oriente (Rodríguez, 2012).

En la irrigación de Majes, que es una zona eminentemente ganadera, el 45 % del área cultivada está destinada al cultivo de alfalfa, que es un cultivo forrajero de excelencia por su contenido proteico, luego la importancia está en la producción de maíz Forrajero, cubriendo actualmente alrededor del 25 % del área agrícola, cultivo importante por su fuente de energía y materia seca para ganado lechero y de engorde, mayormente en ensilado (Rodríguez, 2012).

La globalización del mundo, como proceso irreversible e integrador de la economía mundial nos reta a producir forraje de maíz híbrido que sea rentable y de buena calidad nutritiva para los animales. Tal realidad exige cambios fundamentales de actitud, que propicien el desarrollo de la actividad agropecuaria

con clara visión empresarial; por lo que los nuevos sistemas de producción, deben ser eficientes, rentables y sostenibles (Villagarcía, 1990)

Como antecedente tenemos una evaluación similar en México, en los distritos de riego este indicador para el periodo de 1994 a 2008 es menor a 1,6 kg/m³; sin embargo, este valor puede aumentar a dos kg/m³ en alfalfa y cuatro kg/m³ en maíz forrajero (Montemayor, 2015). Este indicador varía entre regiones y está directamente afectado por la fertilidad del suelo, variedad, fechas de siembra, densidades de población, prácticas culturales, sistema de riego y clima. Su valor debe ser mejorado considerablemente porque la competitividad del agua en la agricultura aumenta con otros sectores (Howell y Marozzite, 1998).

Con sistema de riego por goteo se puede reducir el volumen de agua en 40 % y evitar déficit hídrico en el suelo debido a que la aplicación es de bajo volumen, también hay una mejor aplicación de fertilizante a través de este sistema, donde se satisfacen las demandas diarias de agua por el cultivo y se induce una mayor producción de materia seca, porque hay una relación lineal entre ambas variables (Lamm y Camp, 1998).

En cuanto al tipo de maíz, se cultiva el 49 % de maíz amarillo duro, mayormente en la selva y costa, el 45 % de maíz amiláceo casi en su totalidad en cuanto al tipo de maíz, se cultiva el 49 % de maíz amarillo duro, mayormente en la selva y costa, el 45 % de maíz amiláceo casi en su totalidad en la sierra, el 2 % para choclo, en la alimentación animal, constituye uno de los cereales de mayor importancia, es usado en forma directa tanto la planta como el grano, en forma de mezclas balanceadas en múltiples concentrados específicos para la alimentación (Lamm y Camp, 1998).

2.2.1. Origen del maíz

Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores entre 7 000 y 10 000 años. Muchos investigadores creen que el maíz se habría originado en México, donde el maíz y el teosinte han coexistido desde la antigüedad y donde ambas especies presentan una diversidad muy amplia el hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas en zonas arqueológicas apoyan seriamente la posición de que el maíz se había originado en México (Graziano, 2001).

2.2.1.1. Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal

División: Embriofitas

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Monocotiledoneas

Orden: Graminales

Familia: Graminaceae

Tribu: Maydeae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays* L.

Fuente: Gonzales, 1995

2.2.1.2. Características del híbrido dekalb DK-1596

Híbrido de última generación, desarrollado por Monsanto Company y producido en sus diferentes campos de producción de semilla en Brasil y México. Excelente

adaptación a las principales zonas maiceras y a los sistemas de agricultura de la costa con la calidad de grano apropiado para la industria de concentrados. Híbrido con excelente potencial de producción de hasta 16 400 kg de grano/ha de gran número de hileras por mazorca (16 a 18) y excelente peso de grano por mazorca. Presenta una excelente tolerancia al complejo de mancha del asfalto (Gutiérrez, 2012).

Siendo sus principales características:

- Clase híbrido : Triple
- Período vegetativo : 120 a 160 días
- Arquitectura de planta : Hojas semi - erectas
- Altura de la planta : 230 cm
- Altura de mazorca : 130 cm
- Días a la floración : 76
- Plagas y enfermedades : Alta tolerancia
- Cobertura de mazorca : Buena
- Período de siembra y cosecha :160 y 140 DDS en invierno y verano respectivamente
- Color de grano : Amarillo naranja
- Relación tusa/grano : 85 %
- Peso de 1000 granos : 301 g
- Tipo de mazorca : Cilindro cónica
- Tipo de grano : Semi-cristalino
- Hileras por mazorca :16 a 18
- Respuesta a manejo tecnológico : Muy bueno, se adapta a todo nivel de

manejo tecnificado (Gutiérrez, 2012)

2.2.1.2. Morfología

a. Raíz

Tiene un sistema radicular fibroso, cuya mayor área radicular es superficial y está localizada alrededor de 30 cm de profundidad, en un radio de 40 cm. El sistema radical de la planta de maíz presenta varios tipos de raíz (Cabrera, 1992).

- Raíz seminal o principal

Se origina en la radícula luego de la germinación Salazar (1990). Esta tiene una duración de dos a tres semanas máximo Cabrera (2002). Están representadas por un grupo de uno a cuatro raíces, las cuales van a suministrar anclaje y nutrientes a la semilla (Strassburger, 1994).

- Raíces adventicias

El sistema radical de una planta de maíz es casi totalmente del tipo adventicio. Estas se originan después de las raíces principales. Pueden alcanzar hasta 30 cm de profundidad (Strassburger, 1994).

- Raíces de sostén o soporte

Este tipo de raíces se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo. Proporcionan una mayor estabilidad y disminuyen problemas de acame. Las raíces de sostén tienen la capacidad de realizar la fotosíntesis. Además, pueden absorber fácilmente fósforo (Salazar y Cabrera, 2002).

b. Tallo

Está constituido por un eje vertical, cilíndrico, erecto, de elevada longitud, sin ramificaciones. Interiormente es carnoso, filamentoso y con alto contenido de agua Salazar (1990) formado por nudos y el número de estos nudos varía de ocho a 25

nudos, cuando el cultivo encuentra temperaturas bajas los entrenudos son menores a los mencionados anteriormente, (Strassburger, 1994). Según Bejarano (2000) pueden desarrollarse hijos basales o macollas (Salazar, 1990).

c. Hojas

Las hojas son largas, anchas y planas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Crecen en la parte superior de los nudos, abrazando al tallo mediante estructuras llamadas vainas. La cara superior de la hoja es pilosa, adaptada para la absorción de energía solar, mientras que la cara inferior, glabra, tiene numerosas estomas que permiten el proceso respiratorio. Las hojas son mantenidas en ángulos apropiadamente rectos con respecto al tallo mediante una fuerte nervadura central. En la superficie foliar de la hoja, en la unión del limbo con la vaina, existe una proyección delgada y semitransparente llamada lígula que envuelve al tallo. La lígula restringe la entrada de agua y reduce las pérdidas por evaporación. Su color usual es verde, pero pueden encontrarse hojas rayadas de blanco y verde o verde y púrpura. El número de hojas por planta varía entre ocho y 25 (Bejarano, 2000).

d. Inflorescencia

Se encuentran en la misma planta, pero en sitios diferentes, por esto se dice que es una planta monoica (Salazar y Cabrera, 2002).

- Inflorescencia masculina

La inflorescencia masculina es la terminación del tallo principal y está formada por una espiga central y varias ramas laterales, organizada en una panícula laxa. Aquí se asientan las flores masculinas agrupadas en espiguillas pareadas, una de las cuales es pedicelada y la otra es sésil. Cada espiguilla posee dos florecillas

funcionales y cada una de estas posee tres anteras productoras de polen. La polinización se efectúa mediante la caída libre del polen sobre los estigmas. Cuando las condiciones fisiológicas y ambientales lo permiten, las anteras liberan el polen y se produce la polinización (Salazar, 1990).

- *Inflorescencia femenina*

La inflorescencia femenina es el término de una o más ramas laterales que usualmente nacen después de la mitad superior del tallo principal Bejarano (2000). Está formada por el raquis o tusa, en el cual van un par de glumas externas, dos yemas, dos paleas, y dos flores, una de las cuales es estéril y la otra es fértil. Por esto, el número de hileras de mazorcas es par. El conjunto de estilos forma la barba de la mazorca. Toda la inflorescencia femenina está protegida por las brácteas, hojas de la mazorca (Salazar, 1990).

2.2.1.3. *Requerimientos edafoclimáticos*

a. *Temperatura*

La temperatura del suelo a una profundidad de 10 cm debe ser de ocho a 10 °C para que la semilla germine. Sin embargo, y hasta que la temperatura en el suelo no es superior a 12 °C, la germinación y el crecimiento de las plántulas es muy lento. Con temperaturas de 16 a 18 °C la emergencia de las plantas es bastante rápida. Con 20 °C el periodo de emergencia se reduce a la mitad. Al principio del ciclo vegetativo, el crecimiento del maíz depende linealmente de la temperatura del suelo si esta varía de 15 a 27 °C. Temperaturas más altas reducen la velocidad de crecimiento de las plantas, requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo, y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua (Llanos, 1984).

Tabla 2*Temperaturas óptimas para cultivo de maíz forrajero*

| Etapas fenológicas | Mínima | Óptima | Máxima |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Germinación | 10 | 20 a 25 | 40 |
| Crecimiento vegetativo | 15 | 20 a 30 | 40 |
| Floración | 20 | 21 a 30 | 40 |

El desarrollo depende de las temperaturas óptimas, estas son: °C. Una temperatura mínima, por debajo de la cual no hay crecimiento se estima en 12,8 °C. Con un suministro adecuado de agua, la máxima capacidad de crecimiento se alcanza con temperaturas entre 28 a 30 °C. En nuestro país la temperatura para el desarrollo del cultivo está entre 13 y 30 °C, siendo un cultivo de crecimiento rápido que rinde más con temperaturas moderadas y un suministro de agua (Ruíz, 1999).

b. Luminosidad

El maíz es una de las plantas cultivadas de más alto nivel de respuesta a los efectos de la luz, de ello depende principalmente su potencial productivo. El maíz es una de las plantas cultivadas de más alto nivel de respuesta a los efectos de la luz, de ello depende principalmente su potencial productivo. La falta de luz incide sobre su crecimiento y su producción. Una disminución de un 90 % de la intensidad lumínica por un periodo de pocos días produce la máxima reducción en el rendimiento del grano, si se produce durante la polinización. La fase reproductiva resulta la más sensible a diferencias en la intensidad lumínica. (Llanos, 1984).

2.2.1.4. Suelo

Los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los de textura media (francos),

fértiles, bien drenados, profundos, de alto contenido de materia orgánica (2,5 a 4 %). Los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos, de alto contenido de materia orgánica (2,5 a 4 %) y con elevada capacidad de retención de humedad. Puede cultivarse con buenos resultados entre pH 5,5 a 8 aunque el óptimo corresponde a una baja acidez, pH de 6 a 7 (Rodríguez, 2010).

2.2.1.5. Agua

El maíz debe cultivarse bajo riego por goteo para obtener mayor eficiencia o en aquellas zonas donde las precipitaciones son altas, puesto que es exigente en agua en el estadio de floración, esto se debe también al tipo de suelo por su capacidad de retención (Martínez, 1994).

2.2.1.6. Riego por goteo

El riego por goteo o localizado es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un volumen de suelo, mediante su distribución a través de un sistema de tuberías, que terminan en emisores, que entregan un caudal fijo de agua (volumen por unidad de tiempo) predeterminado.

Su característica principal es que humedece sólo la parte del volumen de suelo, diferencia del riego superficial que moja todo el perfil, y la aplicación debe ser con alta frecuencia (numerosos riegos) para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos (Domínguez, 1993).

a. Ventajas

- Facilidad de dosificación del agua y los nutrientes
- Bajo requerimiento de mano de obra
- Alta vida útil de los equipos (más años)

- Ahorro de agua
- Se moja sólo la parte del terreno ocupado por la planta
- Se fuerza el desarrollo radicular en ese volumen de suelo restringido
- No se pierde agua mojando otros espacios del terreno
- Menor presencia de malezas que compiten por el agua y los nutrientes
- Evita la erosión (Antúnez, 2014).

b. Desventajas

- Alta inversión inicial
- Acumulación de sales en el perímetro del bulbo de mojamiento
- En general es fijo y adecuado a la plantación inicial
- Cuando se desea cambiar de cultivo, se debe cambiar el equipo, pues cambian sus necesidades de diseño; como agua de buena calidad
- La mano de obra requerida es más calificada (Estrada, 1996)

c. Tipos de riego por goteo

- Subterráneo: muy poco utilizado por características de las raíces que tiene los cultivos
- Superficial: Muy extendido
- Aéreo: usado en invernaderos, el agua cae por gravedad al pie de la planta, usualmente usado con programas de fertirriego (Estrada, 1996)

2.2.3. Nutrición de la planta

2.2.3.1. Macronutrientes esenciales

a. Nitrógeno

Es el elemento que engloba a la tierra y alcanza ocupar el 80 % de la composición del aire atmosférico. Algunas plantas tienen la capacidad de utilizar el nitrógeno

atmosférico, fijando en su sistema radicular a través de una asociación simbiótica entre las raíces de las plantas y las bacterias rhizobium del suelo

Para que esta asociación sea vigorosa y efectiva, debe haber a nivel radicular buena disponibilidad de fósforo (P) y molibdeno (Mo).

El nitrógeno estimula el crecimiento y desarrollo radicular, así como favorece la absorción de otros nutrientes como el P, K, Zn, etc. Favoreciendo el crecimiento aéreo como componente de la clorofila; imparte a las hojas un color vivo verde oscuro, tiene mucha influencia en el tamaño de la fruta en los frutales, etc.

Cuando la planta no recibe suficiente cantidad de nitrógeno, se achaparran y se restringe el crecimiento de su sistema radicular (Salisbury, 1992).

- ***Funciones del nitrógeno en la planta***

- Componente de todas las proteínas, de la clorofila y de muchas enzimas. Estimula el crecimiento vegetativo de las plantas y vital para la realización de la Fotosíntesis (Salisbury, 1992).

- La principal forma absorbida por los cultivos es la forma nítrica, debido a la adaptación que han desarrollado a la provisión de los suelos, donde la mayor proporción del nitrato mineral (cerca del 90 a 95 %) es nitrato (Salisbury, 1992).

- ***Otras funciones***

- Acelera la división celular

- Acelera la elongación de las raíces y mejora la calidad de ellas al absorber fósforo

- ***Síntomas de deficiencia de nitrógeno en la planta***

Ya que juega un papel fundamental en la realización de la fotosíntesis, el principal

signo visual en la planta es un amarillamiento o clorosis total de las hojas, que se manifiesta primero en las hojas más viejas y a medida que se va acentuando el déficit se va manifestando en las hojas más jóvenes.

- Se detiene la producción de clorofila
- Se produce una amarillez general clorosis

Los síntomas se inician en hojas más viejas, luego en tallos y frutos, estos se desarrollan más en pequeños.

Debido en su indispensabilidad para la síntesis de proteínas y enzimas, la deficiencia de este elemento suprime el funcionamiento de muchos procesos metabólicos de la planta y esto se manifiesta en poco desarrollo de la planta (Salisbury, 1992).

b. Fósforo

Es un elemento esencial para el crecimiento adecuado de la planta y para la actividad radicular, fortalece y estimula el desarrollo radicular y acelera la maduración de la planta.

Juega un papel importante en aumentar la palatabilidad de la planta y estimula la formación de grasas, almidones y semillas. Es indispensable para la actividad biológica, para la reproducción, por consiguiente, para la perpetuidad de la especie; por eso, después del nitrógeno, se constituye en el elemento más crítico del crecimiento de la planta y de la reproducción. Es elemento fundamental de los compuestos encargados de la transformación de la energía de la planta: Adenosina trifosfato (ATP). Adenosina difosfato (ADP) (Rusell, 1993).

El fósforo participa en la formación de los ácidos nucleicos ADN y ARN, elementos básicos en la herencia genética.

En términos generales, se puede decir que el fósforo favorece la división celular y la elaboración de grasas y albúminas; es importante para la floración y fructificación, incluyendo la formación de semillas; afecta la maduración de los cultivos en los que antagoniza los efectos del exceso de nitrógeno; incrementa el desarrollo radicular y de las raicillas; fortalece los tallos de los cereales evitando el “tumbado” y mejora la calidad de los cultivos (Rusell, 1993).

d. Potasio

A pesar de que el contenido de este elemento en la superficie terrestre es estimado en 2,3 % la mayor parte no es disponible para la nutrición de la planta, pues se encuentra enlazado a la estructura de muchos minerales primarios, o también se encuentra atrapado en el espacio interbasal de algunos minerales ricos en potasio, como las micas, la illita, vermiculita y otros minerales ricos en potasio, como las micas (biotita, muscovita) y feldespatos, suelen poseer altos contenidos en potasio, asimismo, suelos aluviales que reciben con las aguas de la “avenidas” de los ríos, el material fino en suspensión, procedentes de la descomposición de los minerales micáceos y feldespáticos, suelen ser ricos en el contenido del elemento potasio (Sillanpaa, 1972).

En su función vital, el potasio participa en los procesos fisiológicos y bioquímicos del crecimiento de la plantas, generando e induciendo factores benéficos tales como: reforzar la resistencia a las enfermedades, fortaleciendo tallos y ramas activa diversos sistemas enzimáticos dentro de la planta, contribuye a engrosar la cutícula, lo cual brinda protección, evita las enfermedades y pérdida de agua; controla la turgencia en el interior de la planta para prevenir el marchitamiento; favorece el tamaño, sabor, textura y desarrollo de la fruta.

Es muy importante en la formación de aminoácidos de la clorofila, juega un papel especial en los procesos respiratorios y en la eficiencia metabólica de la fotosíntesis, especialmente en la formación de azúcares y almidones y su transporte de las hojas a las raíces a su almacén final de acuerdo a la actividad metabólica de la planta (Darwich, 1998).

- ***La función del potasio en las plantas***

Las plantas absorben el potasio en su forma iónica, K^+ , en la fotosíntesis, el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, y por lo tanto regula la absorción de CO_2 en las plantas, el potasio desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP). El ATP es una fuente de energía importante para muchos procesos químicos.

El potasio desempeña un rol importante en la regulación del agua en las plantas (osmo - regulación). Tanto la absorción de agua a través de raíces de las plantas y su pérdida a través de las estomas, se ven afectados por el potasio. El potasio también mejora la tolerancia de la planta al estrés hídrico (Darwich, 1998). La síntesis de proteínas y de almidón en las plantas requiere de potasio también. El potasio es esencial en casi todos los pasos de la síntesis de proteínas. En la síntesis de almidón, la enzima responsable del proceso está activada por el potasio (Darwich, 1998).

- Activación de más de 60 complejos enzimáticos
- Regulación osmótica a través de células guardia
- Transporte de azúcares desde las hojas al fruto

- ***La deficiencia de potasio en plantas***

La deficiencia de potasio puede causar anomalías en la planta. Por lo general

están relacionadas con el crecimiento (Rusell, 1993)

Clorosis – color amarillamiento y quemaduras marginales en las hojas medias y bajas de la planta.

Crecimiento lento o retrasado – como el potasio es un catalizador importante de crecimiento en las plantas, las plantas deficientes en potasio tendrán un retraso en el crecimiento (Rusell, 1993).

Tolerancia disminuida a los cambios de temperatura y a estrés hídrico – la deficiencia de potasio se traduce en menos agua que circula en la planta. Como resultado, la planta será más susceptible al estrés hídrico y a cambios de temperatura (Rusell, 1993).

Defoliación, si no se corrige la deficiencia, las plantas deficientes en potasio pierden sus hojas antes de lo que deberían. Este proceso es incluso más rápido si la planta está expuesta a un estrés hídrico o a temperaturas altas. Las hojas se vuelven amarillas marrones, y finalmente se caen una a una (Gething, 1994)

Otros síntomas de la deficiencia de potasio:

- La planta luce marchita
- Las hojas más viejas se ponen amarillas en los bordes y pueden ondularse hacia Arriba Baja en la producción de flores y frutos

2.3. Definición de términos

Efecto:

Resultado de una causa

- **Niveles.** Medida de una cantidad con referencia a una escala determinada
- **Nitrógeno.** El nitrógeno es un elemento químico, en condiciones normales un gas diatómico (nitrógeno diatómico o molecular) que constituye del orden del 78 %

del aire atmosférico

- **Potasio.** El potasio es un elemento químico (del latín Kalium DMG al - qalya, "ceniza de plantas"), Es un metal alcalino de color blanco - plateado, que abunda en la naturaleza en los elementos relacionados con el agua salada y otros minerales.

Se oxida rápidamente en el aire, es muy reactivo, especialmente en agua, y se parece químicamente al sodio.

- **Producción agrícola.** Se denomina producción agrícola al resultado de la práctica de la agricultura. La producción agrícola es aquella que consiste en generar vegetales para consumo humano.

- **Maíz forrajero.** Es un tipo de maíz mejorado genéticamente para producir más tallo y hoja que grano, que al ser cortado y picado se transforma en alimento para los rumiantes.

- **Un híbrido.** Híbrido es el organismo vivo animal o vegetal procedente del cruce de dos organismos por la reproducción sexual de razas, especies o subespecies distintas, o de alguna o más cualidades diferentes.

- **Riego por goteo.** El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de «riego gota a gota», es un método de riego utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos.

El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros), que incrementan la producción.

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Aplicada y experimental

En la siguiente investigación, se busca la generación de conocimiento con aplicación directa, al problema de la fertilización para cultivo de maíz forrajero, empleando la transferencia de conocimiento tecnológico

Igualmente, se utiliza experimentos y los principios encontrados en método científico empleando las variables, para la investigación antes citada

3.2. Diseño de investigación

Diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial, teniendo dos factores; niveles de potasio (parcelas) y niveles de nitrógeno (sub parcelas) y tres repeticiones, teniendo un total de 27 de unidades experimentales

3.2.1. Diseño experimental

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial, teniendo dos factores; niveles de potasio (parcelas) y niveles de nitrógeno sub parcelas y tres repeticiones, teniendo un total de 27 unidades experimentales (Kuehl, 2001).

a. Factor K: Niveles de potasio parcelas

K1. : 60 unidades de K por hectárea

K2. : 90 unidades de K por hectárea

K3. : 120 unidades de K por hectárea

b. Factor N : Niveles de nitrógeno (sub parcelas)

N1. : 190 unidades de N por hectárea

N2. : 220 unidades de N por hectárea

N3. : 250 unidades de N por hectárea

3.2.2. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + A_i + \varepsilon_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

3.2.3. Pruebas estadísticas

- Se realizó una prueba de F para los diferentes cuadrados medios
- Se realizó la prueba de Duncan al 0,05 para comparar los efectos principales y los efectos simples (Duncan, 1975)
- Asimismo, se utilizó el análisis de correlación lineal para establecer la relación entre las variables de estudio

Tabla 3

Tratamientos utilizados

| Tratamiento | Potasio (parcela) | Nitrógeno (sub parcela) |
|-------------|-------------------|-------------------------|
| T1 | 60 | 190 |
| T2 | 60 | 220 |
| T3 | 60 | 250 |
| T4 | 90 | 190 |
| T5 | 90 | 220 |
| T6 | 90 | 250 |
| T7 | 120 | 190 |
| T8 | 120 | 220 |
| T9 | 120 | 250 |

* Fósforo al nivel de 130, constante para todos los tratamientos

* El tratamiento testigo comercial es T9 con N250 y K120

Tabla 4*Fuentes de variación y grados de libertad*

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|-----------------------------|---------------------------|
| Bloques | 2 |
| Potasio (K) | 2 |
| Nitrógeno (N) | 2 |
| K*N | 4 |
| Error | 16 |
| Total | 26 |

3.2.4. Características del campo experimental

a. Parcela

- Distanciamiento entre surco : 1,5 m
- Número de hileras por surco : 2
- Distanciamiento entre plantas : 0,18 m
- Distanciamiento entre parcelas : 4 m
- Número de surcos : 12
- Número total de parcelas : 9
- Largo de parcela : 74,9 m
- Ancho de parcela : 18 m
- Área total de parcela : 1 348,2 m²
- Número de plantas por parcela : 9 984

b. Sub parcela

- Número de sub parcelas : 27
- Largo de sub parcelas : 74,9 m
- Ancho de sub parcelas : 6 m

- Área neta de sub parcelas : 449,4 m²
- Número de sub parcela por parcelas : 3
- Número de surcos por sub parcela : 4
- Número de plantas por sub parcelas : 3 328

c. Bloques

- Número de bloques : 3
- Área neta de bloque : 4 045 m²
- Número de sub parcelas por bloque : 9

d. Área experimental

- Largo del campo experimental : 74,9 m
- Ancho del campo experimental : 194 m
- Área total del experimento : 1 453,1 m²
- Área neta del experimento : 1 213,5 m²

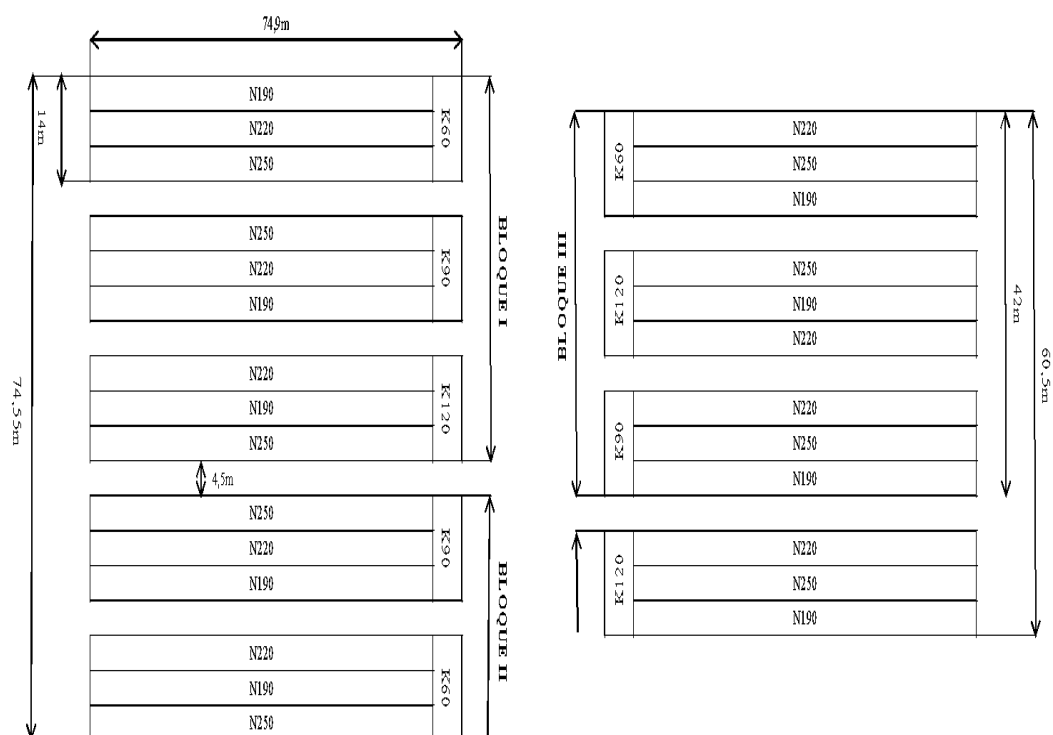


Figura 1. Croquis experimental con medidas

3.3. Población y muestra

En el presente trabajo de investigación se instaló 3 328 plantas por cada unidad experimental, luego se muestreó 30 plantas para las diferentes evaluaciones

3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Historial del campo experimental

El campo de cultivo en el cual se llevó a cabo el trabajo de investigación, estuvo antecedido por otros cultivos los cuales son mencionados a continuación

3.4.1.1. Información general del cultivo

- Campaña 2014 II cultivo de alcachofa
- Campaña 2015 II cultivo de maíz forrajero
- Campaña 2016 I cultivo de maíz forrajero (Instalación de trabajo de investigación)
- Área total del experimento 14 531 m²
- Área neta del experimento 12 135 m²

3.4.1.2. Preparación de terreno

- Tractor MF292 con disco disco de arado : Aradura
- Tractor MF680 + polidisco pesado : Desterronado
- Tractor MF-292 + Rabasto : Borrado (para desaparecer los terrones de suelo)

3.4.1.3. Fertilización

- Tratamiento 1. (190 -130 - 60 - 30)
- Tratamiento 2. (220 - 130 - 90 - 30)
- Tratamiento 3. (250 - 130 - 120 - 30)

3.4.1.4. Fertilizantes usados

- Fósforo : Ácido fosfórico
- Potasio : Sulfato de potasio
- Magnesio : Sulfato de magnesio
- Micro elementos : Foliar, fertilón combi

3.4.1.5. Instalación del sistema de riego

- Sistema de riego por goteo
- Agua irrigación filtrada
- Descarga de agua por goteo de 1,2 litros/hora
- Marca manguera star 15 mil
- Número de cinta por surco una
- Cálculo de riego en función al coeficiente de riego y evapotranspiración, de acuerdo al estado fenológico y clima su coeficiente de riego mínimo es de 0,5 y máximo 1,2
- Número de uso de la cinta de riego 2,5 campañas

3.4.1.6. Instalación de cultivo

- Inicio de instalación 20 - 03 - 2016
- Término de instalación 25 - 03 - 2016
- Densidad de instalación 74 074 semillas por hectárea
- Distanciamiento de surcos de 1,5 m de ancho x 74,9 m de largo
- Entre plantas 18 cm
- Entre líneas 1,5 m
- Líneas por surco dos líneas (de tresbolillo)
- Semilla DK-1596 procedente de Brasil

- Presentación comercial de bolsas de 60 000 semillas

3.4.1.7. Cultivos colindantes

- Norte, lote siete, cultivo de maíz forrajero
- Sur, cortina de árboles vía panamericana
- Este, lote cuatro sectores uno cultivo de maíz forrajero
- Oeste, lote cuatro sectores tres, cultivo de maíz forrajero

3.4.1.8. Información adicional del cultivo

- Finalidad del cultivo producción de ensilado
- Producción estimada 50 000 kg/ha
- Fecha de cosecha 15-08-2016

3.4.2. Características climáticas

La temperatura mínima media de toda la campaña es de 9,1 °C. Esta bajada de temperatura crea un efecto negativo en el desarrollo de la planta.

Tabla 5

Datos meteorológicos de la zona del experimento

| Variable | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto |
|--------------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| Temperatura máx. mensual (° C) | 24,25 | 24,02 | 23,90 | 25,66 | 25,39 | 24,20 |
| Temperatura mín. mensual (° C) | 8,66 | 8,52 | 7,32 | 8,89 | 9,18 | 11,82 |
| Temperatura media Mensual (° C) | 15,18 | 15,10 | 14,42 | 15,97 | 16,28 | 17,18 |
| Humedad relativa media mensual (%) | 60,10 | 53,86 | 54,49 | 59,76 | 54,20 | 72,70 |
| Rad. Solar media (w/m ²) | 405,52 | 433,11 | 492,54 | 538,46 | 544,95 | 531,42 |
| Velocidad viento (km/h) | 3,97 | 4,63 | 5,05 | 6,04 | 5,81 | 5,18 |
| Evapotranspiración ET (mm/día) | 3,47 | 3,80 | 4,31 | 5,04 | 5,34 | 4,91 |

Fuente: Agrícola Pampa Baja SAC, 2016

3.4.3. Condiciones edáficas

Al realizar el análisis de suelo se determinó, que la textura es franco arenoso la reacción del suelo nos da un pH moderadamente alcalino, la conductividad eléctrica nos da como resultado un suelo salino. La suma de cationes de cambio nos da como resultado que para el potasio, calcio, magnesio y sodio son altos

Deficiente en porcentaje de materia orgánica y nitrógeno. Alto en concentración de fósforo y potasio.

Para determinar las características edafológicas se procesó la muestra de suelo del campo instalado, en el Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA Arequipa. Obteniéndose los siguientes resultados que a continuación se detalla en la figura B1.

3.4.4. Material

El material utilizado estuvo conformado por herramientas y equipo de establecimiento de monitoreo y de evolución como son:

3.4.5. Biológico

Semilla de maíz forrajero híbrido DK-596

3.4.6. Material de campo

- Lampas
- Computadora
- Lápiz
- Estacas
- Rastrillos
- Wincha
- Letreros

- Cordel
- Calculadora
- Cronómetro
- Fertilizantes
- Pesticidas
- Vernier de precisión
- Mochila asperjadora de 20 litros de capacidad
- Balanza digital de plataforma
- Balanza científica de precisión
- Cintas de riego
- Cilindro con accesorios de conexión de fertirriego
- Tensiómetros
- Conductímetro y pHchímetro
- Jarras medidoras
- Radio comunicación portátil

3.4.7. Material de laboratorio

- Balanza de precisión
- Estufa
- Bolsas de papel
- Análisis físico - químico del suelo

3.4.8. Instalación del experimento

3.4.8.1. Análisis de caracterización de suelo

Se realizó un análisis de suelo antes de la instalación del experimento, procediendo de la siguiente manera:

Se recogió 10 sub muestras de toda el área del cultivo, se siguió la metodología para el recojo en “zig zag” haciendo un corte transversal con una pala a una profundidad de 15 a 20 cm y tomando la cantidad de suelo necesaria a través del perfil de suelo, para luego mezclar homogéneamente con todas las sub muestras para luego tomar una muestra final de un kg siendo embolsado, etiquetado y enviado para su respectivo análisis. Se evitó en lo posible muestrear afloramientos rocosos, pedregosos o salinos

3.4.8.2. Instalación del experimento

La aplicación de los tratamientos se realizó teniendo en cuenta la programación del plan de fertirrigación para cada tratamiento. Se le adicionará 30 unidades de Mg a cada tratamiento, tal como se muestra en los apéndices

3.4.8.3. Preparación de terreno

Primeramente, se procedió a realizar aradura profunda, luego se inició con la actividad de desterronado con polidisco pesado de doble pasada, y en seguida se rabasteó usando como implemente un rabasto pesado (estructura de fierro) para mullir los terrones del suelo y a la vez nivelar, y así para proseguir con los trabajos de: marcación o tizado del área para la instalación del sistema de riego por goteo, tendido y fijado de cinta. Mantenimiento de sistema de riego, destapado de goteros y parchado de cinta. Finalmente se proseguirá con el hoyado o marcado de surco para iniciar la siembra.

3.4.8.4. Labores culturales

Para el control de malezas se utilizaron herbicidas pre y post emergentes y para el control de plagas y enfermedades se utilizaron plaguicidas sistémicos y/o de contacto. Se realizaron en promedio dos escardas al día 30 y 60 DDS, el purgado

de mangueras de riego se realizará cada 30 días

3.4.9. Cosecha

La cosecha se realizó el 15 de agosto del 2016, el cultivo tuvo un periodo vegetativo de 146 días en el cual la planta completó su maduración fisiológica hasta la cosecha; ésta fue con una picadora Jaguar Class 950 más volquetes para su traslado al silo, luego se procedió a sellar para su proceso de fermentación (tapado o sellado con mantas de polietileno para hermetizar)

3.4.10. Características evaluadas

Las siguientes características evaluadas se realizaron en 30 plantas elegidas al azar para cada evaluación de los dos surcos centrales de cada unidad experimental

3.4.11. Antes de la cosecha

- Emergencia (%): Se evaluó de cada unidad experimental, a los 10 y 15 días después de la siembra (DDS), los datos se expresaron en porcentaje
- Altura de planta (cm): Se efectuarán en las plantas elegidas medidas desde el nivel del suelo hasta el último nudo del tallo donde se sostiene o emerge la panoja. Se realizaron evaluaciones cada 15 días
- Número de hojas verdes (unidad): En esta evaluación se consideró todas las hojas con mayores de 50 % de verdor o activas
- Altura de mazorca (cm): Se procederá a medir en las mismas 10 plantas que se tomaron la altura de planta, desde el suelo hasta la inserción de la mazorca superior

3.4.12. Después de la cosecha

Datos biométricos de la mazorca, Se tomaron en cuenta lo siguiente:

- Longitud de la mazorca (cm): Se tomó el promedio de todas las mazorcas

muestreadas en cada ensayo, cosechadas en los surcos centrales de cada parcela exceptuándose las mazorcas secundarias

- Número de granos por mazorca (unidad): Se tomaron en promedio de todas las mazorcas muestreadas en los dos surcos centrales, las cuales fueron cuantificadas sus granos tomando en cuenta de número de hileras por filas peso de grano (g): Se tomaron en promedio de todas las mazorcas muestreadas en los dos surcos centrales, las cuales fueron desgranadas y luego pesados los granos
- Peso de planta (g): Se muestreó 30 plantas de los dos surcos centrales de cada unidad experimental, luego se procedieron a pesar con todas sus componentes como: mazorca, hojas, tallo y panoja
- Rendimiento de grano (ton/ha): Del total de plantas cosechadas en los dos surcos centrales se procedió a desgranar las mazorcas y se pesaron en la balanza de precisión, para luego proyectar el rendimiento a hectáreas en base al área de la unidad experimental
- Rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca (ton/ha): Se evaluó la producción de forraje verde de toda el área de cada unidad experimental, para luego proyectarlo a hectárea para obtener finalmente el rendimiento.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

Para el análisis de datos se empleó el análisis de varianza a una probabilidad F 0,05 se empleó el paquete estadístico InfoStat y SPSS

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en el porcentaje de emergencia

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en el porcentaje de emergencia

b. Nivel de significación

$$\alpha = 0,05$$

c. Estadística de prueba

$$\text{Interacción A x B} \quad \frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$$

4.1.1. Porcentaje de emergencia

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información según tabla A1) se ve, en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación potasio, nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno no fueron significativos estadísticamente, es decir

que los factores A y B actuaron independientemente uno del otro, por lo tanto; se rechaza la hipótesis alterna asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 3,37 % aceptable para el ensayo. Sin embargo, podemos observar tabla siete que, en cuanto al porcentaje de emergencia para los niveles de potasio, los mayores porcentajes lo obtienen los niveles de potasio de 90, 120 y 60 unidades, respectivamente.

Asimismo, podemos observar que el mayor porcentaje de emergencia debido al efecto de nitrógeno se obtiene cuando la dosis es de 250 unidades, seguido de 220 y 190 unidades, respectivamente.

De la misma manera, observamos en la tabla A11, en la interacción de potasio por nitrógeno que, los mayores porcentajes de emergencia se obtienen cuando la combinación es de 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno ó 90 de potasio por 250 de nitrógeno y 120 de potasio por 250 de nitrógeno, respectivamente. Menores porcentajes de emergencia se obtienen con 120 unidades de potasio por 220 de nitrógeno.

Tabla 6

Análisis de la varianza para emergencia en porcentaje

| FV | GL | SC | CM | FC | 0,05 | FT 0,01 | Sig |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|--------------------|------------|
| Bloques | 2 | 31,5 | 15,75 | 1,47 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Potasio (K) | 2 | 4,5 | 2,25 | 0,21 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 31,5 | 15,75 | 1,47 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| K*N | 4 | 99 | 24,75 | 2,32 | 3,01 | 4,77 | N,S |
| Error | 16 | 171 | 10,69 | | | | |
| Total | 26 | 337,5 | | | | | |

CV 3, 37 %

N,S No significativo

Tabla 7

Porcentaje de emergencia para los niveles de potasio

| Potasio | Medias |
|----------------|---------------|
| 90 | 97,51 |
| 120 | 97,01 |
| 60 | 96,51 |

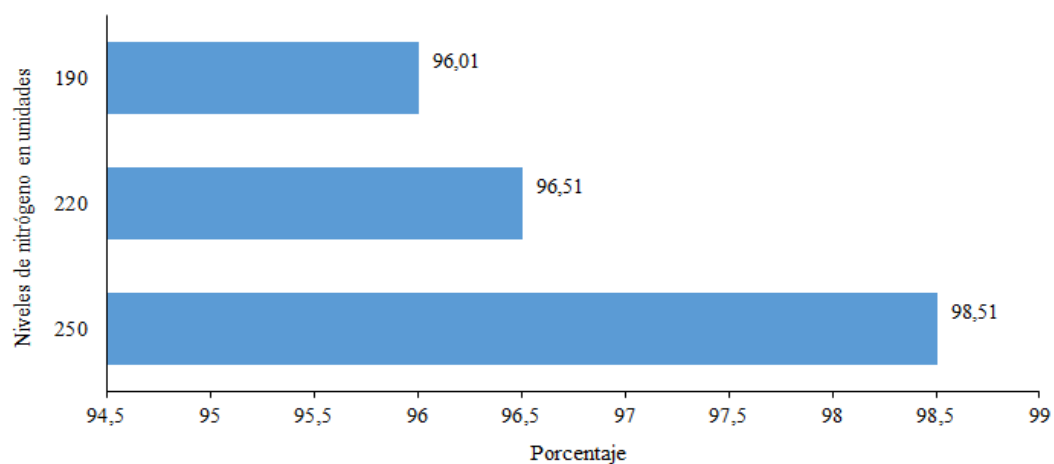


Figura 2. Porcentaje de emergencia para los niveles de potasio

Tabla 8

Porcentaje de emergencia para los niveles de nitrógeno

| Nitrógeno | Medias |
|------------------|---------------|
| 250 | 98,51 |
| 220 | 96,51 |
| 190 | 96,01 |

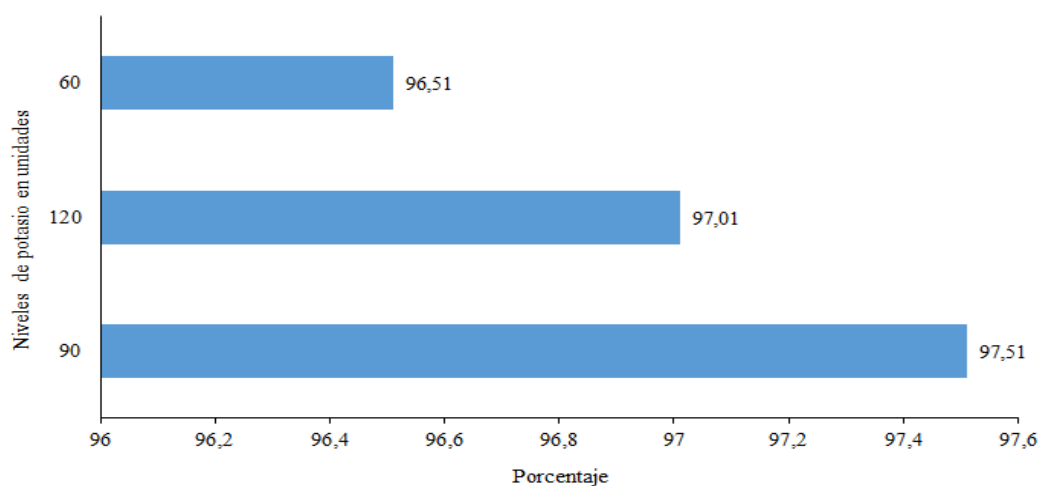


Figura 3. Porcentaje de emergencia para los niveles de nitrógeno

4.1.2. Altura de planta

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en la altura de planta

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en la altura de planta

b. Nivel de significación

$$\alpha = 0,05$$

c. Estadística de prueba

$$\text{Interacción A x B } \frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A2), se observa en su fuente de variación bloque fueron altamente significativos, mientras en la fuente de variación potasio, nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno no fueron significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron independientemente uno del otro, por lo tanto; se rechaza la hipótesis alterna asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 4,25 % aceptable para el ensayo. Sin embargo, podemos observar en la tabla 10 que, en cuanto al desarrollo de altura de planta para los niveles de potasio, las mayores alturas obtienen los niveles de potasio 90, 120 y 60 unidades, respectivamente.

Igualmente, podemos observar en la tabla 11 que, el mayor desarrollo en altura de planta debido al efecto de nitrógeno, se obtiene cuando la dosis es de 220 unidades, seguido de 250 y 190 unidades, respectivamente.

De la misma forma, observamos en la tabla A12, en la interacción de potasio

por nitrógeno que, los mayores desarrollos en altura de planta, se encuentran cuando la combinación es de 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno, seguido de 120 unidades de potasio con 190 de nitrógeno y de 90 unidades de potasio por 250 de nitrógeno, respectivamente. Menores desarrollos en altura de planta se obtienen con 60 unidades de potasio por 190 de nitrógeno.

Tabla 9

Análisis de la varianza para altura de planta en centímetros

| FV | GL | SC | CM | FC | FT | | Sig |
|---------------|----|---------|--------|------|------|------|-----|
| | | | | | 0,05 | 0,01 | |
| Bloques | 2 | 1181,31 | 590,65 | 6,34 | 3,63 | 6,23 | ** |
| Potasio (K) | 2 | 256,85 | 128,43 | 1,38 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 63,24 | 31,62 | 0,34 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| K*N | 4 | 403,87 | 100,97 | 1,08 | 3,01 | 4,77 | N,S |
| Error | 16 | 1491,5 | 93,22 | | | | |
| Total | 26 | 3396,77 | | | | | |

CV 4, 25 %

N,S No significativo

Tabla 10

Altura de planta para niveles de potasio en centímetros

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 90 | 231,54 |
| 120 | 226,1 |
| 60 | 224,27 |

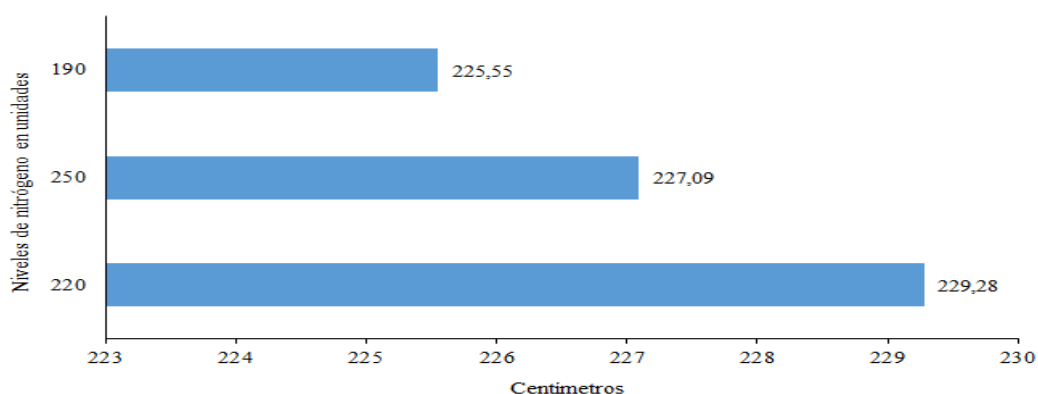


Figura 4. Altura de planta para los niveles de potasio

Tabla 11

Altura de planta para niveles de nitrógeno en centímetros

| Niveles de nitrógeno | Medias |
|----------------------|--------|
| 220 | 229,28 |
| 250 | 227,09 |
| 190 | 225,55 |

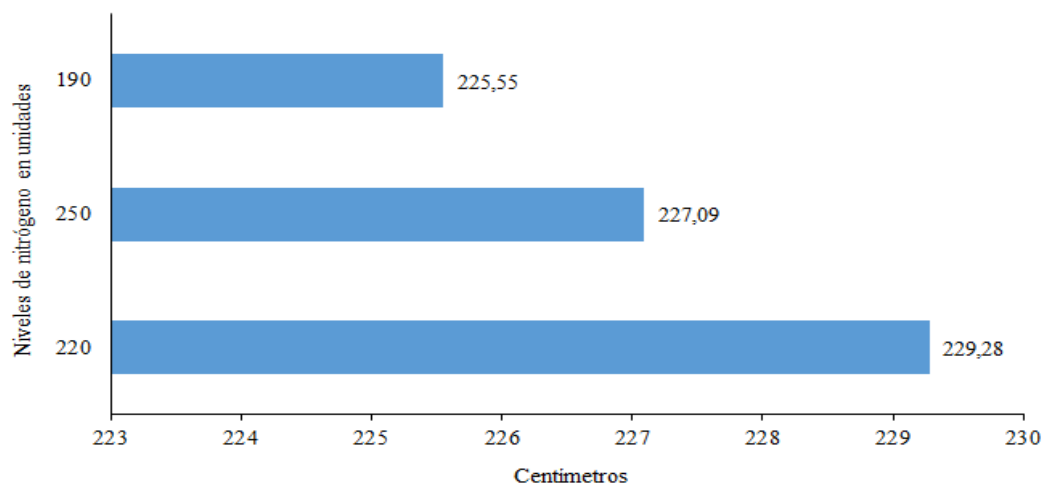


Figura 5. Altura de planta para los niveles de nitrógeno

4.1.3. Número de hojas verdes

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en el número de hojas verdes

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en el número de hojas verdes

b. Nivel de significación

$\alpha = 0,05$

c. Estadística de prueba

Interacción A x B $\frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A3), se observa en su fuente de variación bloque ha sido significativo, mientras en su fuente de variación potasio, nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno que no fueron significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron independientemente uno del otro por lo tanto; se rechaza la hipótesis alterna, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 3,99 % aceptable para el ensayo. Sin embargo, podemos observar en la tabla 13 que, en cuanto al mayor número de hojas verdes para los niveles de potasio, obtienen los niveles de 90, 120 y 60 unidades, respectivamente.

Asimismo, podemos observar que hay mayor cantidad de hojas verdes debido al efecto de nitrógeno, cuando la dosis es de 250 unidades, seguido de 190 y 220 unidades, respectivamente

De la misma manera, observamos en la tabla A13, en la interacción de potasio por nitrógeno que, la mayor cantidad de hojas verdes se logran cuando la combinación es de, 90 unidades de potasio por 250 de nitrógeno o 120 de potasio por 250 de nitrógeno, respectivamente. Menores cantidades de hojas verdes se obtienen con 60 unidades de potasio por 190 de nitrógeno.

Tabla 12

Análisis de la varianza para número de hojas verdes en unidades

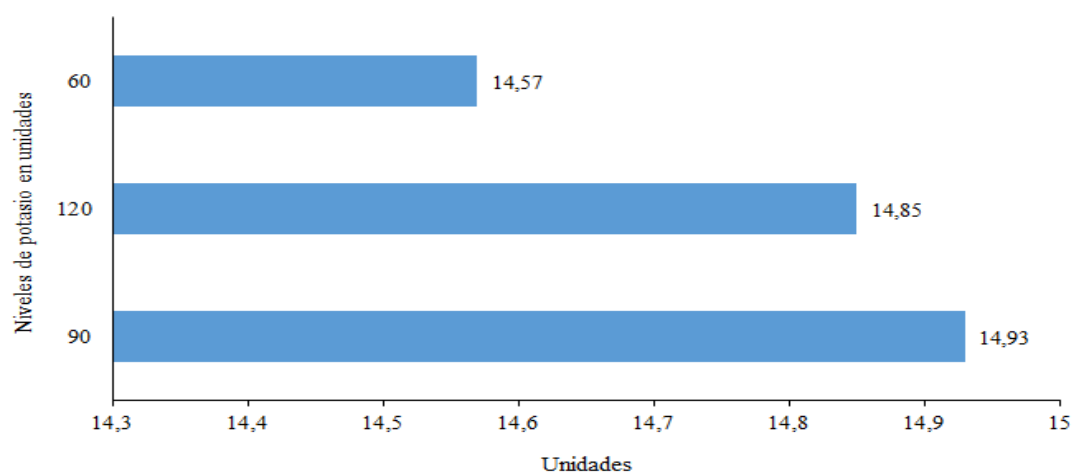
| FV | GL | SC | CM | FC | FT | | Sig |
|---------------|----|-------|------|------|------|------|-----|
| | | | | | 0,05 | 0,01 | |
| Bloques | 2 | 2,95 | 1,47 | 4,23 | 3,63 | 6,23 | * |
| Potasio (K) | 2 | 0,63 | 0,32 | 0,91 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 0,51 | 0,25 | 0,73 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| K*N | 4 | 0,53 | 0,13 | 0,38 | 3,01 | 4,77 | N,S |
| Error | 16 | 5,57 | 0,35 | | | | |
| Total | 26 | 10,18 | | | | | |

CV 3,99 %

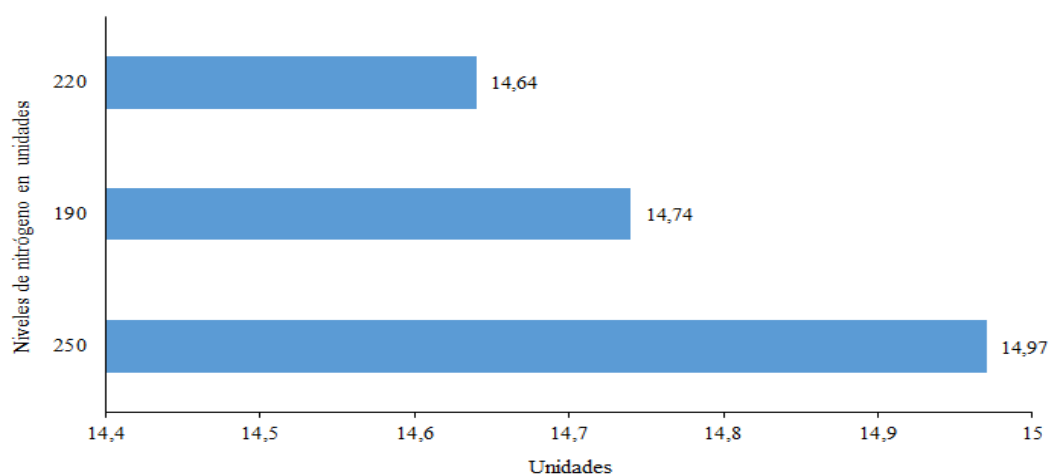
N,S No significativo

Tabla 13*Número de hojas verdes para niveles de potasio en unidades*

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 90 | 14,93 |
| 120 | 14,85 |
| 60 | 14,57 |

*Figura 6. Número de hojas verdes para los niveles de potasio***Tabla 14***Número de hojas verdes para niveles de nitrógeno en unidades*

| Niveles de nitrógeno | Medias |
|----------------------|--------|
| 250 | 14,97 |
| 190 | 14,74 |
| 220 | 14,64 |

*Figura 7. Número de hojas verdes para los niveles de nitrógeno*

4.1.4. Altura de mazorca

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en la altura de la mazorca

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en la altura de la mazorca

b. Nivel de significación

$$\alpha = 0,05$$

c. Estadística de prueba

$$\text{Interacción A x B } \frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A4), se observa en su fuente de variación bloque fueron significativos, mientras en su fuente de variación potasio, nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno no fueron significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron independientemente uno del otro, por lo tanto; se rechaza la hipótesis alterna asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 3,78 % aceptable para el ensayo. Además, podemos observar en la tabla 16 que, en cuanto al desarrollo de altura de mazorca para niveles de potasio, el mejor resultado obtiene 90 y 120 y 60 unidades, respectivamente.

Asimismo, podemos observar que el mayor desarrollo de altura de mazorca debido al efecto de nitrógeno se obtiene cuando la dosis es de 250 y 220 unidades, seguido de 190, respectivamente

De la misma manera, observamos en la tabla A14, en la interacción de

potasio por nitrógeno que, el mayor desarrollo de altura de mazorca se obtiene cuando la combinación es de 90 unidades de potasio por 250 de nitrógeno o 90 de potasio por 220 de nitrógeno y 120 de potasio por 250 de nitrógeno, respectivamente. Menor desarrollo de altura de mazorca se obtiene con 60 unidades de potasio por 190 de nitrógeno

Tabla 15

Análisis de la varianza para altura de mazorca en centímetros

| FV | GL | SC | CM | FC | FT | | Sig |
|---------------|----|---------|--------|------|------|------|-----|
| | | | | | 0,05 | 0,01 | |
| Bloques | 2 | 359,82 | 179,91 | 5,2 | 3,63 | 6,23 | * |
| Potasio (K) | 2 | 196,45 | 98,23 | 2,84 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 236,75 | 118,37 | 3,42 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| K*N | 4 | 11,11 | 2,78 | 0,08 | 3,01 | 4,77 | N,S |
| Error | 16 | 553,65 | 34,6 | | | | |
| Total | 26 | 1357,78 | | | | | |

CV 3, 78 % N,S

No significativo

Tabla 16

Altura de mazorca para niveles de potasio en centímetros

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 90 | 158,56 |
| 120 | 156,19 |
| 60 | 152,03 |

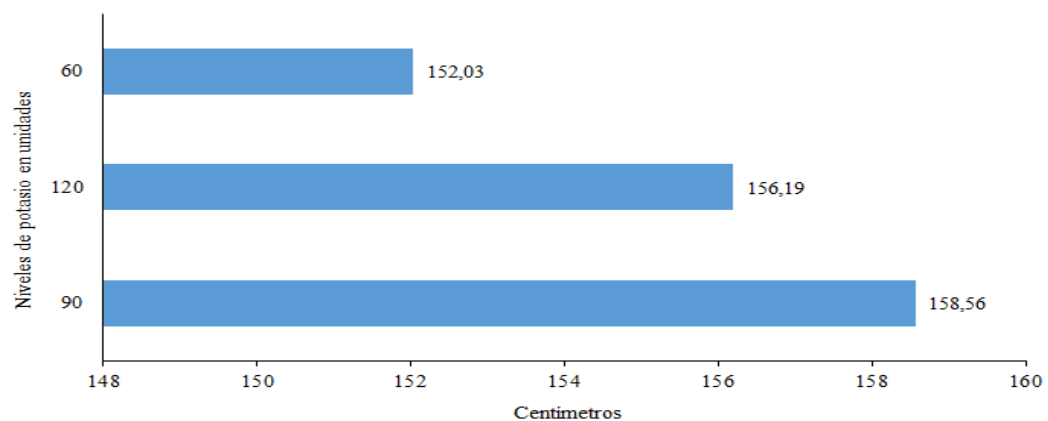


Figura 8. Altura de mazorca para los niveles de potasio

Tabla 17

Altura de mazorca para niveles de nitrógeno en centímetros

| Niveles de nitrógeno | Medias |
|----------------------|--------|
| 250 | 158,55 |
| 220 | 156,69 |
| 190 | 151,55 |

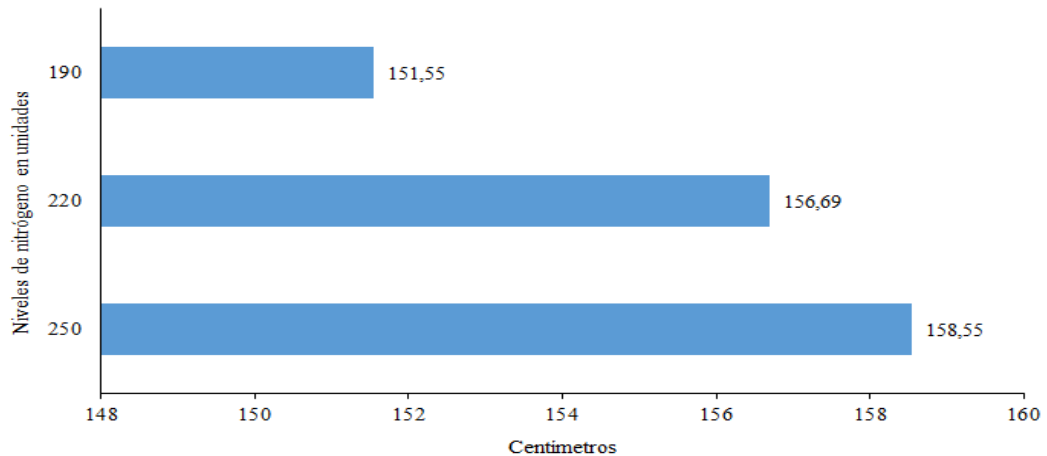


Figura 9. Altura de mazorca para los niveles de nitrógeno

4.1.5. Longitud de mazorca

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en la longitud de la mazorca

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en la longitud de la mazorca

b. Nivel de significación

$$\alpha = 0,05$$

c. Estadística de prueba

$$\text{Interacción A x B } \frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A5), se observa en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación potasio,

nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno, no fueron significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron independientemente uno del otro, por lo tanto; se rechaza la hipótesis alterna asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 7,86 % aceptable para el ensayo. Es más, podemos observar en la tabla 19 que, en cuanto al desarrollo de longitud de mazorca para niveles de potasio, el mejor resultado obtiene 60, 90 y 120 unidades, respectivamente.

Asimismo, podemos observar que el mayor desarrollo de longitud de mazorca debido al efecto de nitrógeno, se obtiene cuando la dosis es de 220 y 250 unidades, seguido de 190, respectivamente

De la misma manera, como observamos en la tabla A15, la interacción de potasio por nitrógeno que, el mayor desarrollo de longitud de mazorca se obtiene cuando la combinación es de 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno ó 60 de potasio por 190 de nitrógeno y 60 de potasio por 250 de nitrógeno, respectivamente. Menor desarrollo de longitud de mazorca se obtiene con 120 unidades de potasio por 190 de nitrógeno.

Tabla 18

Análisis de la varianza para longitud de mazorca en centímetros

| FV | GL | SC | CM | FC | FT | | Sig |
|---------------|----|-------|------|------|------|------|-----|
| | | | | | 0,05 | 0,01 | |
| Bloques | 2 | 13,37 | 6,69 | 3,06 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Potasio (K) | 2 | 13,59 | 6,8 | 3,11 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 1,16 | 0,58 | 0,27 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| K*N | 4 | 21,8 | 5,45 | 2,5 | 3,01 | 4,77 | N,S |
| Error | 16 | 34,93 | 2,18 | | | | |
| Total | 26 | 84,85 | | | | | |

CV 7, 86 %

N,S No significativo

Tabla 19

Longitud de mazorca para niveles de potasio en centímetros

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 60 | 19,64 |
| 90 | 18,87 |
| 120 | 17,91 |

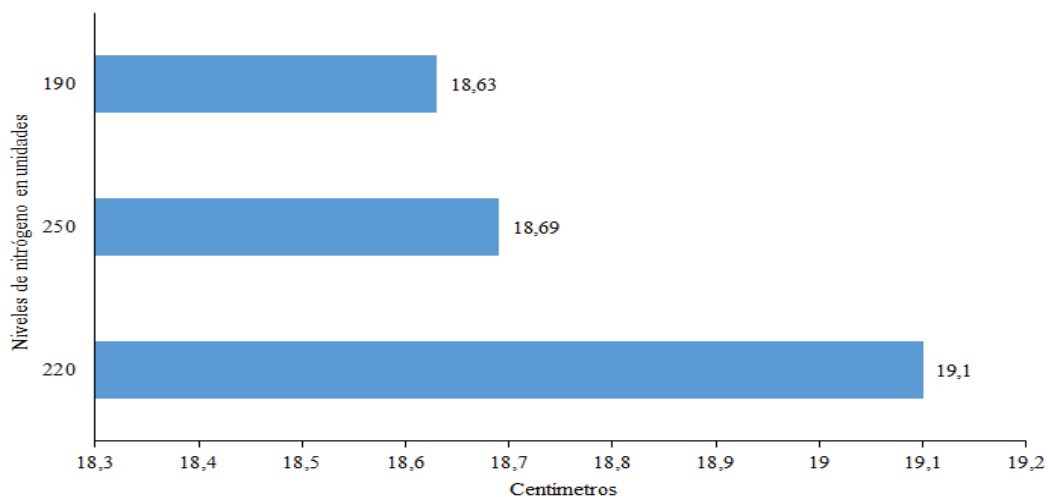


Figura 10. Longitud de mazorca para los niveles de potasio

Tabla 20

Longitud de mazorca para niveles de nitrógeno en centímetros

| Niveles de nitrógeno | Medias |
|----------------------|--------|
| 220 | 19,1 |
| 250 | 18,69 |
| 190 | 18,63 |

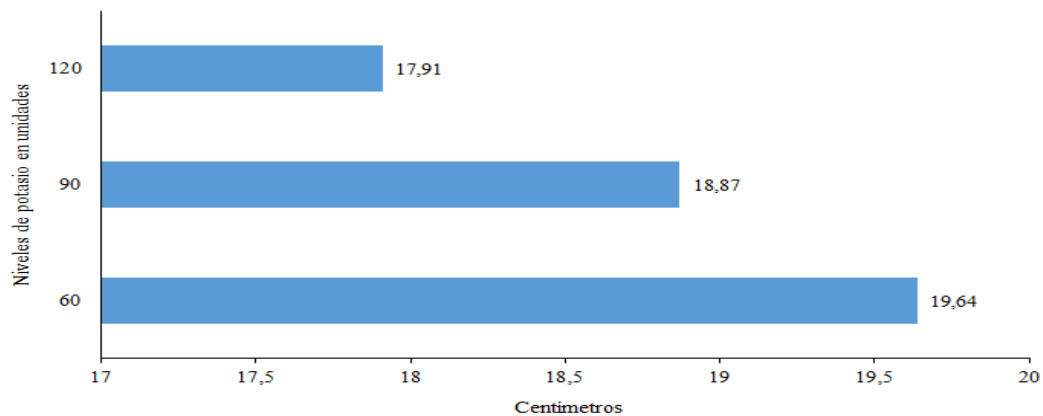


Figura 11. Longitud de mazorca para los niveles de nitrógeno

4.1.6. Número de granos por mazorca

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en el número de granos por mazorca

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en el número de granos por mazorca

b. Nivel de significación

$$\alpha = 0,05$$

c. Estadística de prueba

$$\text{Interacción A x B } \frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A6), se observa en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación potasio, nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno no fueron significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron independientemente uno del otro, por lo tanto; se rechaza la hipótesis alterna asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 8,43 % aceptable para el ensayo. Sin embargo, podemos observar en la tabla 22 que, en cuanto al número de granos por mazorca para niveles de potasio, el mejor resultado obtiene 60, 90 y 120 unidades, respectivamente.

Asimismo, podemos observar que un mayor número de granos por mazorca debido al efecto de nitrógeno, se obtiene cuando la dosis es de 220 y 250 unidades, seguido de 190, respectivamente.

De la misma manera, observamos en la tabla A16, en la interacción de potasio por nitrógeno que, el mayor número de granos por mazorca, se obtiene

cuando la combinación es de 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno ó 120 de potasio por 220 de nitrógeno y 60 de potasio por 250 de nitrógeno, respectivamente. Menor número de granos por mazorca, se obtienen con 120 unidades de potasio por 190 de nitrógeno

Tabla 21

Análisis de la varianza para número de granos por mazorca en unidades

| FV | GL | SC | CM | FC | F _T | | Sig |
|---------------|----|----------|---------|------|----------------|------|-----|
| | | | | | 0,05 | 0,01 | |
| Bloques | 2 | 5898,42 | 2949,21 | 2,02 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Potasio (K) | 2 | 124,02 | 62,01 | 0,04 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 6255,20 | 3127,60 | 2,15 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| K*N | 4 | 2808,21 | 702,05 | 0,48 | 3,01 | 4,77 | N,S |
| Error | 16 | 23319,22 | 1457,45 | | | | |
| Total | 26 | 38405,06 | | | | | |

CV 8,43 % N,S No significativo

Tabla 22

Número de granos por mazorca para los niveles de potasio en unidades

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 60 | 455,19 |
| 90 | 452,87 |
| 120 | 449,95 |

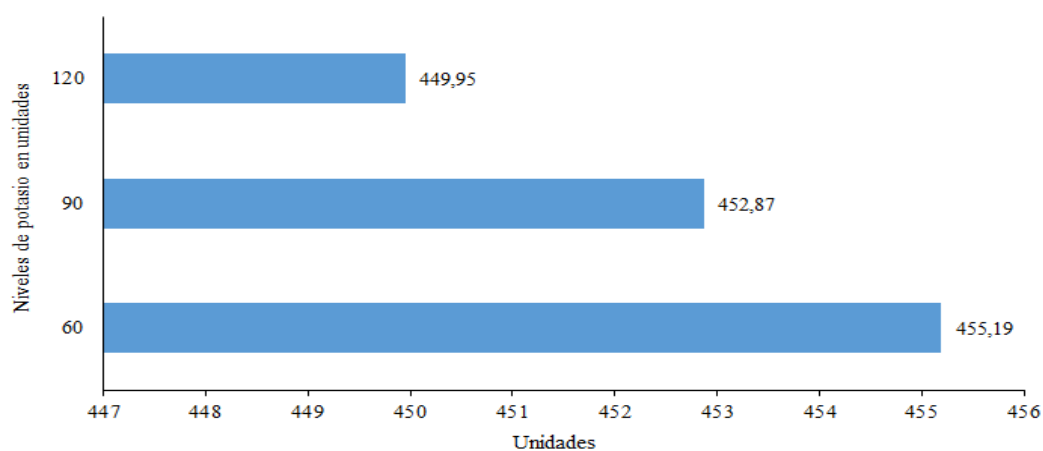


Figura 12. Número de granos por mazorca para los niveles de potasio

Tabla 23

Número de granos por mazorca para los niveles de nitrógeno en unidades

| Niveles de nitrógeno | Medias |
|----------------------|--------|
| 220 | 468,96 |
| 250 | 456,7 |
| 190 | 432,34 |

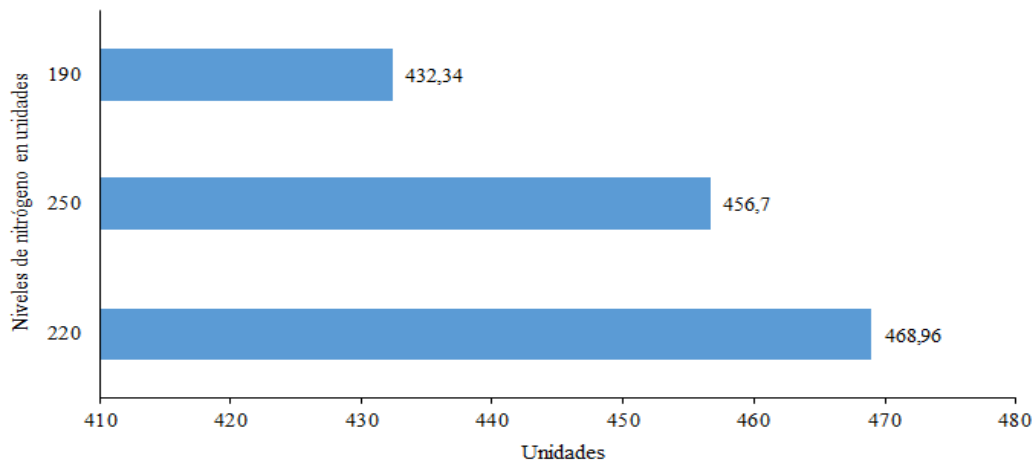


Figura 13. Número de granos por mazorca para los niveles de nitrógeno

4.1.7. Peso de grano

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente para peso de grano

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente para peso de grano

b. Nivel de significación

$\alpha = 0,05$

c. Estadística de prueba

Interacción A x B $\frac{CM \text{ interacción}}{CM \text{ error}}$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A7), se observa en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación potasio,

nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno que no fueron significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron independientemente uno del otro, por lo tanto; se rechaza la hipótesis alterna asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 14,52 % aceptable para el ensayo. Sin embargo, podemos observar en la tabla 26 que, 0 de potasio por 220 de nitrógeno o 60 de potasio por 220 de nitrógeno y 120 de potasio por 250 de nitrógeno, respectivamente. Menor peso de grano se obtiene con 120 unidades de potasio por 220 de nitrógeno.

Tabla 24

Análisis de la varianza para peso de grano en gramos

| FV | GL | SC | CM | FC | FT | | Sig |
|---------------|----|---------|--------|------|------|------|-----|
| | | | | | 005 | 001 | |
| Bloques | 2 | 587,92 | 293,96 | 0,78 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Potasio (K) | 2 | 59,09 | 29,55 | 0,08 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 271,94 | 135,97 | 0,36 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| K*N | 4 | 413,21 | 103,3 | 0,28 | 3,01 | 4,77 | N,S |
| Error | 16 | 5992,83 | 374,55 | | | | |
| Total | 26 | 7324,99 | | | | | |

CV 14, 52 %

No significativo

Tabla 25

Peso de grano para los niveles de potasio en gramos

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 60 | 135,24 |
| 90 | 132,94 |
| 120 | 131,66 |

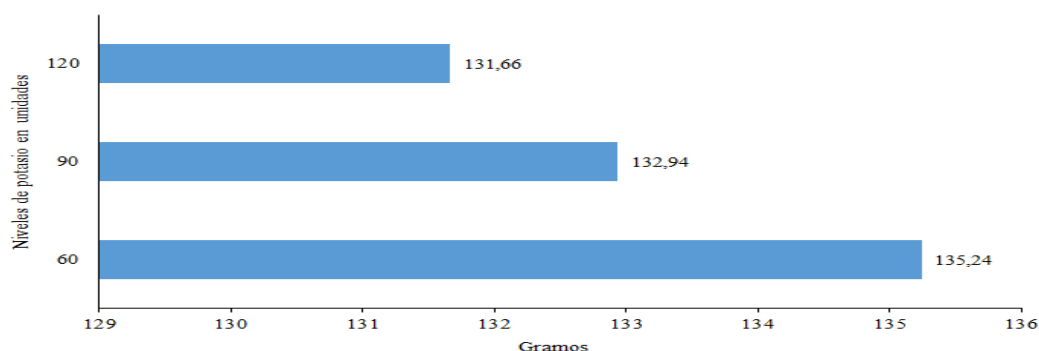


Figura 14. Peso de grano para los niveles de potasio

Tabla 26

Peso de grano para los niveles de nitrógeno en gramos

| Niveles de nitrógeno | Medias |
|----------------------|--------|
| 220 | 135,75 |
| 250 | 135,28 |
| 190 | 128,8 |

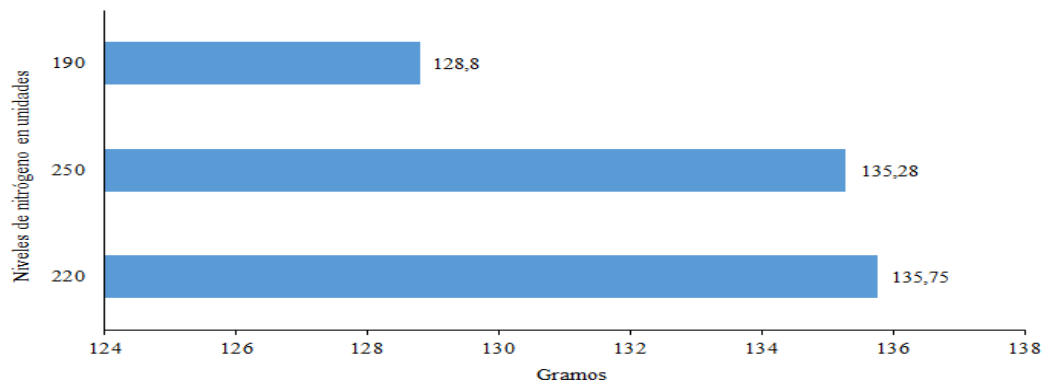


Figura 15. Peso de grano para los niveles de nitrógeno

4.1.8. Peso de planta

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en el peso de planta

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en el peso de planta

b. Nivel de significación

$\alpha = 0,05$

c. Estadística de prueba

$$\text{Interacción A x B } \frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A8), se observa en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación potasio, que no fueron significativos estadísticamente, mientras en su fuente de nitrógeno e

interacción potasio por nitrógeno fueron altamente significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron dependientemente uno del otro, por lo tanto; se acepta la hipótesis alterna, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 5, 45 % aceptable para el ensayo. De esta manera, podemos observar en la tabla 30 de efectos simples que, en cuanto al peso de planta, para niveles de potasio, los mayores pesos lo obtienen los niveles de 120, 60 y 90 unidades, respectivamente.

Igualmente, podemos observar que el mayor peso de planta, debido a los efectos simples para niveles de nitrógeno se obtiene cuando la dosis es de 220 y 250 unidades, seguido de 190, respectivamente

Tabla 27

Análisis de la varianza para peso de planta en gramos

| FV | GL | SC | CM | FC | FT | | Sig |
|---------------|----|-----------|----------|------|------|------|-----|
| | | | | | 0,05 | 0,01 | |
| Bloques | 2 | 2906,83 | 1453,41 | 0,67 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Potasio (K) | 2 | 2434,29 | 1217,14 | 0,56 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 34584,62 | 17292,31 | 8,02 | 3,63 | 6,23 | ** |
| K*N | 4 | 43600,25 | 10900,06 | 5,06 | 3,01 | 4,77 | ** |
| Error | 16 | 34495,57 | 2155,97 | | | | |
| Total | 26 | 118021,55 | | | | | |

CV 5, 45 %

** Altamente significativo

Tabla 28

Prueba de efectos simples de niveles de nitrógeno para peso de planta en g, acorde a la prueba de Duncan al 0,05

| Niveles de nitrógeno | Medias | A Duncan | OM |
|----------------------|--------|----------|----|
| 220 | 881,52 | A | 1 |
| 250 | 871,74 | A | 1 |
| 190 | 801,19 | B | 2 |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

De la misma forma, observamos en la tabla 29, de efectos principales de interacción de potasio por nitrógeno que, los mayores pesos de planta, se obtienen cuando la combinación es de 120 unidades de potasio por 250 de nitrógeno o 90 de potasio por 220 de nitrógeno y 60 de potasio por 220 de nitrógeno, respectivamente. Menores pesos de planta, se obtienen con 120 unidades de potasio por 190 de nitrógeno.

Tabla 29

Análisis de efectos principales de interacción de potasio por nitrógeno para peso de planta en gramos, acorde a la prueba de Duncan al 0,05

| Ítem | Tratamiento | Niveles de potasio | Niveles de nitrógeno | Medias | A Duncan | | | OM |
|------|-------------|--------------------|----------------------|--------|----------|---|---|----|
| 1 | T9 | 120 | 250 | 956,32 | A | | | 1 |
| 2 | T5 | 90 | 220 | 918,07 | A | B | | 1 |
| 3 | T2 | 60 | 220 | 875,34 | A | B | C | 1 |
| 4 | T3 | 60 | 250 | 860,71 | | B | C | 2 |
| 5 | T8 | 120 | 220 | 851,17 | | B | C | 2 |
| 6 | T4 | 90 | 190 | 813,92 | | | C | 3 |
| 7 | T1 | 60 | 190 | 802,69 | | | C | 3 |
| 8 | T6 | 90 | 250 | 798,21 | | | C | 3 |
| 9 | T7 | 120 | 190 | 786,95 | | | C | 3 |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tabla 30

Peso de planta para los niveles de potasio en gramos

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 120 | 864,81 |
| 60 | 846,25 |
| 90 | 843,4 |

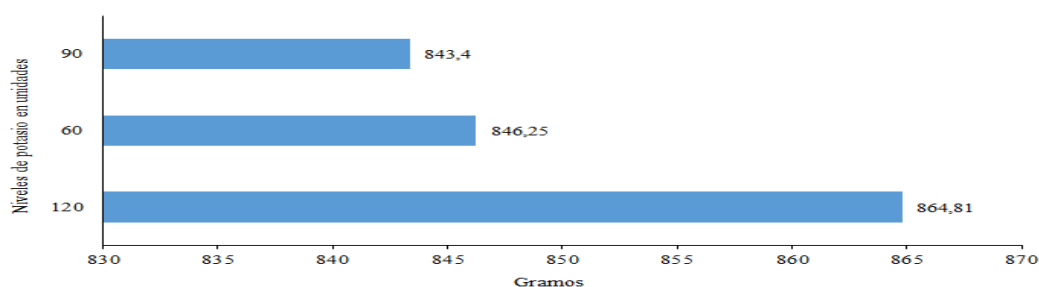


Figura 16. Peso de planta para los niveles de potasio

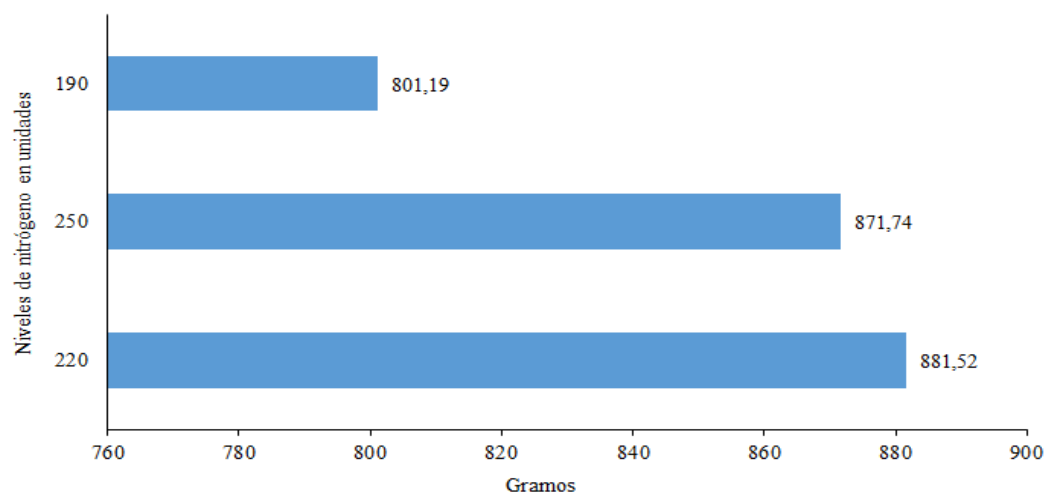


Figura 17. Peso de planta para los niveles de nitrógeno

4.1.9. Rendimiento de grano

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en rendimiento de grano

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en rendimiento de grano

b. Nivel de significación

$$\alpha = 0,05$$

c. Estadística de prueba

$$\text{Interacción A x B } \frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A9), se observa en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación potasio, nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno no fueron significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron independientemente uno del otro, por lo tanto; se rechaza la hipótesis alterna asimismo el coeficiente de

variabilidad fue de 14,52 % aceptable para el ensayo. Sin embargo, podemos observar en la tabla 32 que, en cuanto al rendimiento de grano, para niveles de potasio, los mayores rendimientos obtienen los niveles de 60, 90 y 120 unidades, respectivamente.

Igualmente, podemos observar que un mayor rendimiento de grano, debido al efecto de nitrógeno, se obtiene cuando la dosis es de 220 y 250 unidades, seguido de 190, respectivamente

De la misma manera, observamos en la tabla A19, en la interacción de potasio por nitrógeno que, los mayores rendimientos de grano, se obtienen cuando la combinación es de 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno ó 60 de potasio por 220 de nitrógeno y 120 de potasio por 250 de nitrógeno, respectivamente. Menores rendimientos de grano, se obtienen con 120 unidades de potasio por 120 de nitrógeno.

Tabla 31

Análisis de la varianza para rendimiento de grano en toneladas por hectárea

| FV | GL | SC | CM | FC | FT | | Sig |
|---------------|----|------|------|------|------|------|-----|
| | | | | | 0,05 | 0,01 | |
| Bloques | 2 | 2,95 | 1,48 | 0,78 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Potasio (K) | 2 | 0,3 | 0,15 | 0,08 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 1,38 | 0,69 | 0,37 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| K*N | 4 | 2,07 | 0,52 | 0,28 | 3,01 | 4,77 | N,S |
| Error | 16 | 30,1 | 1,88 | | | | |
| Total | 26 | 36,8 | | | | | |

CV 14, 52 %

N,S No significativo

Tabla 32

Rendimiento de grano para los niveles de potasio en toneladas por hectárea

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 60 | 9,59 |
| 90 | 9,42 |
| 120 | 9,33 |

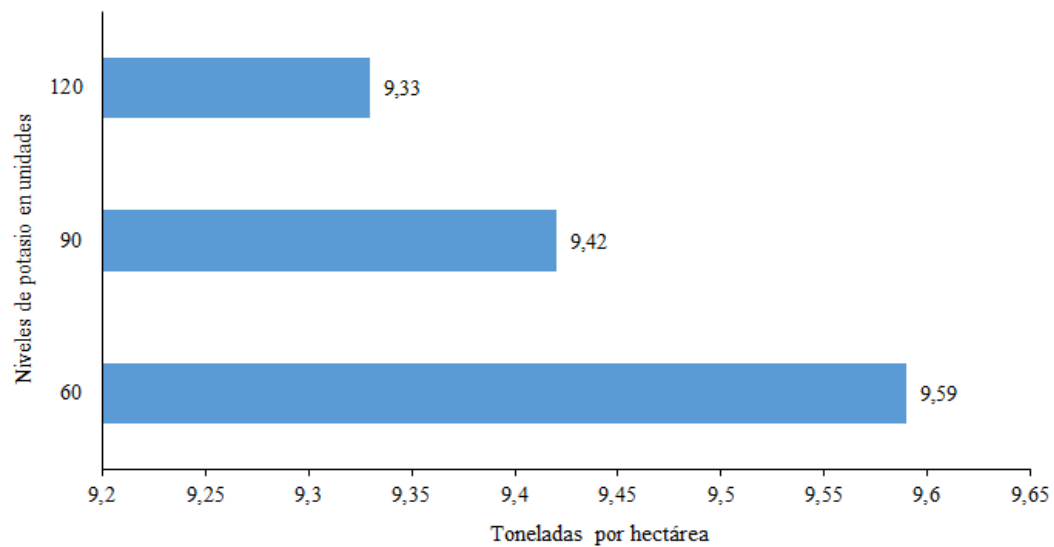


Figura 18. Rendimiento de grano para los niveles de potasio

Tabla 33

Rendimiento de grano para los niveles de nitrógeno en toneladas por hectárea

| Niveles de nitrógeno | Medias |
|----------------------|--------|
| 220 | 9,62 |
| 250 | 9,59 |
| 190 | 9,13 |

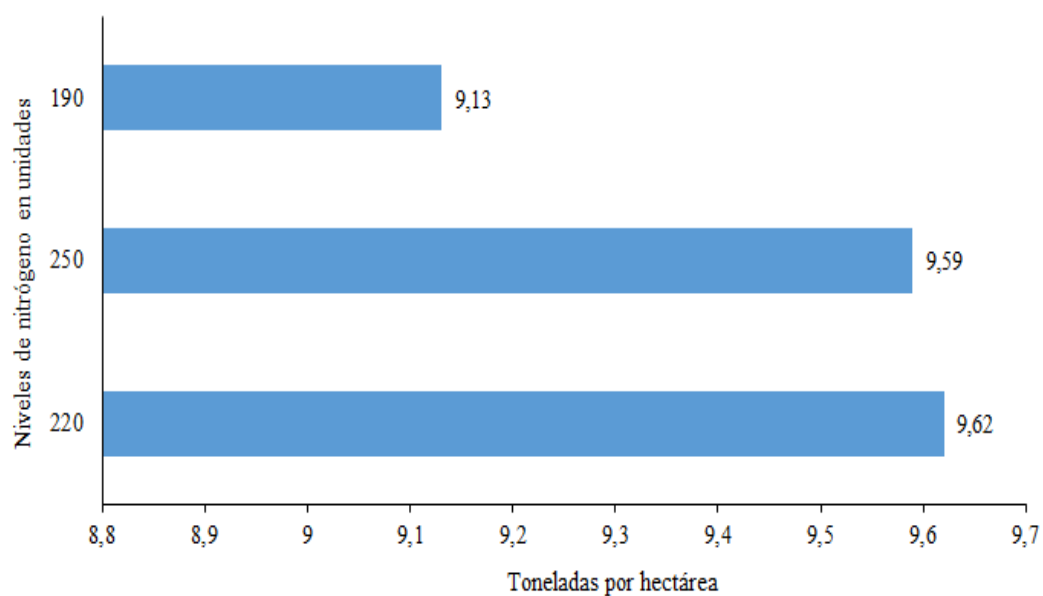


Figura 19. Rendimiento de grano para los niveles de nitrógeno

4.1.10. Rendimiento forraje verde a 32 % de materia seca en toneladas por hectárea

a. Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los niveles de nitrógeno y potasio no inciden significativamente en el rendimiento forraje verde a 32 % de materia seca

Ha: Los niveles de nitrógeno y potasio inciden significativamente en el rendimiento forraje verde a 32 % de materia seca

b. Nivel de significación

$$\alpha = 0,05$$

c) Estadística de prueba

$$\text{Interacción A x B } \frac{\text{CM interacción}}{\text{CM error}}$$

Según el análisis de la varianza (ANOVA), (información obtenida según tabla A10), se observa en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación potasio, que no fueron significativos estadísticamente, más en su fuente de nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno fueron altamente significativos estadísticamente, es decir que los factores A y B actuaron dependientemente uno del otro, por lo tanto; se acepta la hipótesis alterna asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 5, 46 % aceptable para el ensayo. De esta manera, podemos observar en la tabla 39, para los niveles de potasio que, en cuanto al rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca, los mayores rendimientos lo obtienen con 120, 60 y 90 unidades, respectivamente.

Igualmente, podemos observar en la tabla 40, de efectos simples para niveles de nitrógeno que, el mayor rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca,

debido al efecto de nitrógeno se obtienen cuando la dosis es de 220 y 250 unidades, seguido de 190, respectivamente.

Tabla 34

Análisis de la varianza para rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca en toneladas por hectárea

| FV | GL | SC | CM | FC | FT 0,05 | 0,01 | Sig |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|-------------|------------|
| Bloques | 2 | 14,58 | 7,29 | 0,67 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Potasio (K) | 2 | 12,2 | 6,1 | 0,56 | 3,63 | 6,23 | N,S |
| Nitrógeno (N) | 2 | 173,67 | 86,84 | 8,01 | 3,63 | 6,23 | ** |
| K*N | 4 | 218,98 | 54,75 | 5,05 | 3,01 | 4,77 | ** |
| Error | 16 | 173,45 | 10,84 | | | | |
| Total | 26 | 592,88 | | | | | |

CV 5,46%

** Altamente significativo

Tabla 35

Prueba de efectos simples de niveles de nitrógeno para rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca en t/ha, acorde a la prueba de Duncan al 0,05

| Niveles de nitrógeno | Medias | A Duncan | OM |
|-----------------------------|---------------|-----------------|-----------|
| 220 | 62,48 | A | 1 |
| 250 | 61,79 | A | 1 |
| 190 | 56,79 | B | 2 |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

De la misma forma, observamos en la tabla 36, de efectos principales de interacción de potasio por nitrógeno que, los mayores rendimientos de forraje verde a 32 % de materia seca, se obtienen cuando la combinación es de 120 unidades de potasio por 250 de nitrógeno o 90 de potasio por 220 de nitrógeno y 60 de potasio por 220 de nitrógeno, respectivamente. Menores rendimientos de forraje verde, se obtienen con 120 unidades de potasio por 190 de nitrógeno.

Tabla 36

Análisis de efectos principales de interacción de niveles de potasio por nitrógeno para rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca en t/ha, acorde a la prueba de Duncan al 0,05

| Tratamiento | Niveles de potasio | Niveles de nitrógeno | Medias | A Duncan | | | OM |
|-------------|--------------------|----------------------|--------|----------|---|---|----|
| T9 | 120 | 250 | 67,78 | A | | | 1 |
| T5 | 90 | 220 | 65,07 | A | B | | 1 |
| T2 | 60 | 220 | 62,04 | A | B | C | 1 |
| T3 | 60 | 250 | 61,01 | | B | C | 2 |
| T8 | 120 | 220 | 60,33 | | B | C | 2 |
| T4 | 90 | 190 | 57,69 | | | C | 3 |
| T1 | 60 | 190 | 56,9 | | | C | 3 |
| T6 | 90 | 250 | 56,58 | | | C | 3 |
| T7 | 120 | 190 | 55,78 | | | C | 3 |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 37

Rendimiento de forraje verde a 32% de materia seca para niveles de potasio

| Niveles de potasio | Medias |
|--------------------|--------|
| 120 | 61,3 |
| 60 | 59,98 |
| 90 | 59,78 |

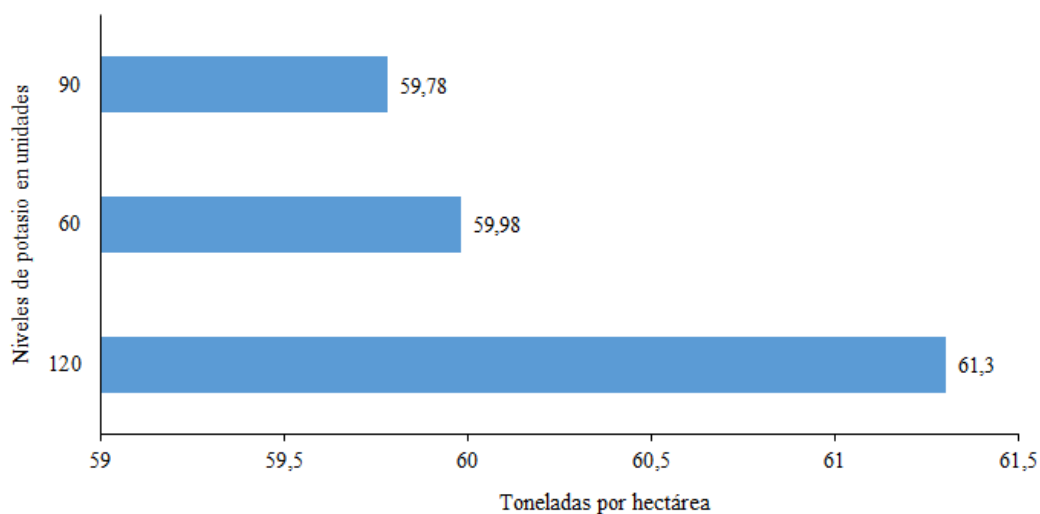


Figura 20. Rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca para los niveles de potasio

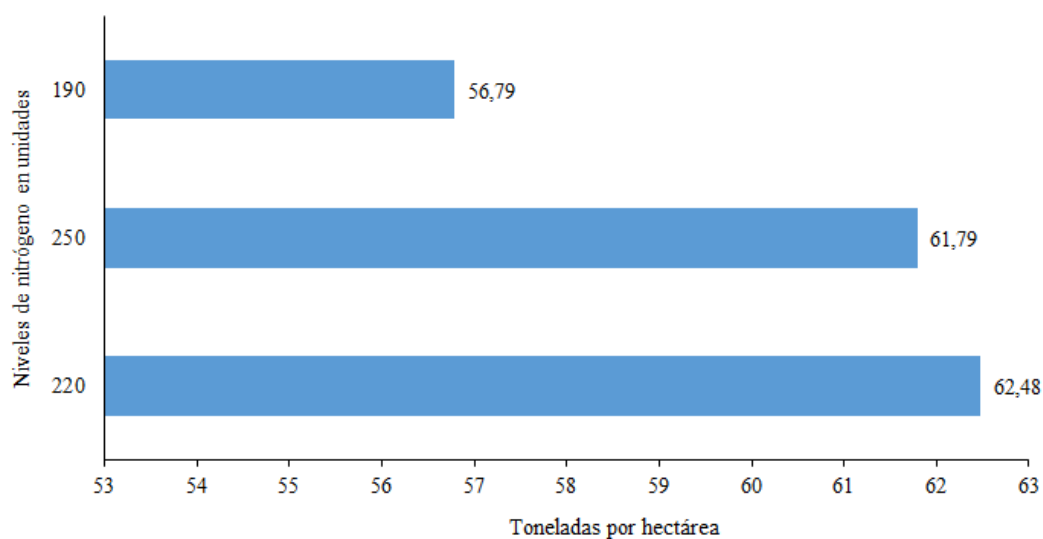


Figura 21. Rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca para los niveles de nitrógeno

4.2. Contrastación de hipótesis

Después de realizar el análisis de la varianza, para longitud de mazorca en la interacción de potasio por nitrógeno se encontró significativo estadísticamente. Igualmente, para peso de planta y rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca, han sido significativos estadísticamente, para el factor nitrógeno y la interacción potasio por nitrógeno, por lo tanto; se acepta la hipótesis alterna, que; con un nivel alto en potasio y nitrógeno, tiende a presentar un mejor rendimiento en sus componentes de la planta, y finalmente de forraje verde, en ese sentido; se observa que bajo un nivel de fertilización de 250 y 220 unidades de nitrógeno con 120 de potasio y seguido de 90 unidades, se obtienen los mejores resultados.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Porcentaje de emergencia en porcentaje

Su porcentaje promedio de germinación de la semilla de maíz híbrido DK -1596, fue de un 97, 01 %, dicho porcentaje está dentro del rango esperado, según su ficha técnica.

Según los resultados de análisis de la varianza, no fueron significativos estadísticamente, en todas las fuentes de variación del ensayo. Sin embargo, en la mayoría de los niveles altos de nitrógeno, potasio y en la interacción potasio por nitrógeno, hay diferencias en las medias.

El mejor nivel de potasio para porcentaje de emergencia está con, 90, 120 y 60 unidades, y de nitrógeno con 250, seguido de 220 y 190 unidades, respectivamente

De la misma manera, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla A12, los mayores porcentajes de emergencia, se obtienen cuando la combinación es de, 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno ó 90 de potasio por 250 de nitrógeno y 120 de potasio por 250 de nitrógeno.

4.3.2. Altura de planta en centímetros

Al respecto Sánchez, (1991) señala que la altura ordinaria del tallo (planta) es de dos a tres metros con un mínimo de 150 cm en ciertas variedades muy precoces y un máximo de cuatro a cinco m en algunas variedades tropicales, siendo esta característica determinada por la genética de la variedad, en el presente ensayo se obtuvo un promedio de 227 cm de altura (Sánchez, 1992)

Según los resultados de análisis de la varianza, no fueron significativos estadísticamente, en todas las fuentes de variación del ensayo. Sin embargo, en la mayoría de los niveles altos de nitrógeno, potasio y en la interacción potasio por nitrógeno, hay diferencias en las medias.

El mejor nivel de potasio para altura de planta está con, 90, 120 y 60 unidades, y de nitrógeno con 220, seguido de 250 y 190 unidades, respectivamente.

Igualmente, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla A13, el mejor desarrollo en altura de planta, se obtienen cuando la combinación es de, 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno o 120 de potasio por 190 de nitrógeno y 120 de potasio por 250 de nitrógeno

4.3.3. Número de hojas verdes en unidad

Al respecto López (1991), señala que la aparición y número de hojas puede estar supeditado por la existencia de diferencias genotípicas, siendo la alta heredabilidad el principal carácter, sin descuidar la interacción genotipo ambiente. Según los resultados de análisis de varianza, no fueron significativos estadísticamente, en todas las fuentes de variación del ensayo. Sin embargo, en la mayoría de los niveles altos de nitrógeno, potasio y en la interacción potasio por nitrógeno, hay diferencias en las medias (López, 1991).

El mejor nivel de potasio para número de hojas verdes está con, 90, 120 y 60 unidades, y de nitrógeno con 250, seguido de 190 y 220 unidades, respectivamente

Asimismo, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla A14, la mayor cantidad de hojas verdes, se obtienen cuando la combinación es de, 90 unidades de potasio por 250 de nitrógeno o 120 de potasio por 250 de nitrógeno

De la misma manera, para la interacción potasio por nitrógeno, en la combinación de 90 unidades de potasio por 250 de nitrógeno o 120 de potasio por 250 de nitrógeno, tiene mejor stay green – verdor de hoja, con 15,18 hojas verdes por planta en promedio hasta la cosecha, según fotografía 01, seguido 14, 66 hojas por planta para otros niveles.

4.3.4. Altura de mazorca en centímetros

Según los resultados de análisis de la varianza, no fueron significativos estadísticamente, en todas las fuentes de variación del ensayo. Sin embargo, en la mayoría de los niveles altos de nitrógeno, potasio y en la interacción potasio por nitrógeno, hay diferencias en las medias

El mejor nivel de potasio para altura de mazorca está con, 90, 120 y 60 unidades, y de nitrógeno con 250, seguido de 220 y 190 unidades, respectivamente

Igualmente, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla A15, un mejor desarrollo en altura de mazorca, se obtienen cuando la combinación es de, 90 unidades de potasio por 250 de nitrógeno ó 90 de potasio por 220 de nitrógeno y 120 de potasio por 250 de nitrógeno.

4.3.5. Longitud de mazorca en centímetros

Según los resultados de análisis de la varianza, fueron significativos estadísticamente, en la interacción de potasio por nitrógeno. Además, en la mayoría de los niveles altos de nitrógeno y potasio, hay diferencias en las medias

El mejor nivel de potasio para longitud de mazorca está con, 60, 90 y 120 unidades y de nitrógeno con 220, seguido de 250 y 190 unidades, respectivamente

Asimismo, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla 21, que el mayor desarrollo para longitud de mazorca, se obtienen cuando la combinación es de, 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno ó 60 de potasio por 190 de nitrógeno y 60 de potasio por 250 de nitrógeno.

4.3.6. Número de granos por mazorca en unidad

Según los resultados de análisis de la varianza, no fueron significativos

estadísticamente, en todas las fuentes de variación del ensayo. Sin embargo, en la mayoría de los niveles altos de nitrógeno, potasio y en la interacción potasio por nitrógeno, hay diferencias en las medias

El mejor nivel de potasio para número de granos por mazorca está con, 60, 90 y 120 unidades y de nitrógeno con 220, seguido de 250 y 190 unidades, respectivamente

De igual modo, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla A16, un mayor número de granos por mazorca, cuando la combinación es de, 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno o 120 de potasio por 220 de nitrógeno y 60 de potasio por 250 de nitrógeno.

4.3.7. Peso de grano en gramos

Según los resultados de análisis de la varianza, no fueron significativos estadísticamente, en todas las fuentes de variación del ensayo. Sin embargo, en la mayoría de los niveles altos de nitrógeno, potasio y en la interacción potasio por nitrógeno, hay diferencias en las medias.

El mejor nivel de potasio para peso de grano está con, 60, 90 y 120 unidades y de nitrógeno con 220, seguido de 250 y 190 unidades, respectivamente

Igualmente, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla A17, un mayor de peso de granos, cuando la combinación es de, 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno o 60 de potasio por 220 de nitrógeno y 120 de potasio por 250 de nitrógeno.

4.3.8. Peso de planta en gramos

Según los resultados de análisis de la varianza, fueron altamente significativos

estadísticamente, en su fuente de variación de nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno. Considerando, sus mayores diferencias en las medias, de los niveles de nitrógeno, potasio e interacción de potasio por nitrógeno

El mejor nivel de potasio para peso de planta está con, 120, 60 y 90 unidades, y de nitrógeno con 220, seguido de 250 y 190 unidades, respectivamente

Asimismo, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla 34, que el mayor peso de planta, se obtienen cuando la combinación es de, 120 unidades de potasio por 250 de nitrógeno o 90 de potasio por 220 de nitrógeno y 60 de potasio por 220 de nitrógeno.

4.3.9. Rendimiento de grano en toneladas por hectárea

Según los resultados de análisis de la varianza, no fueron significativos estadísticamente, en todas las fuentes de variación del ensayo. Sin embargo, en la mayoría de los niveles altos de nitrógeno, potasio y en la interacción potasio por nitrógeno, hay diferencias en las medias.

El mejor nivel de potasio para peso de grano está con, 60, 90 y 120 unidades y de nitrógeno con 220, seguido de 250 y 190 unidades, respectivamente

Igualmente, en la interacción de potasio por nitrógeno, observamos en la tabla A19, un mayor rendimiento de grano hay, cuando la combinación es de, 120 unidades de potasio por 250 de nitrógeno o 90 de potasio por 220 de nitrógeno y 60 de potasio por 220 de nitrógeno.

4.3.10. Rendimiento forraje verde con 32 % de materia seca en toneladas por hectárea

Según los resultados de análisis de la varianza, fueron altamente significativos

estadísticamente, en su fuente de variación de nitrógeno e interacción potasio por nitrógeno

Considerando, que el mejor rendimiento de forraje verde está con, 220 y 250 unidades de nitrógeno por 120 y 90 unidades de potasio

De la misma manera, en la interacción de potasio por nitrógeno, se observa según tabla 41, que el mayor rendimiento de forraje verde a 32 % de materia seca, se obtiene cuando la combinación es de 120 unidades de potasio por 250 de nitrógeno seguido de 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno, respectivamente.

De los resultados presentados en la tabla 41, podemos inferir que conforme se incrementan los niveles de potasio el nivel más alto de nitrógeno tiende a presentar un mejor efecto, en cuanto a rendimiento de forraje verde, en ese sentido se observa que bajo un nivel de fertilización de 250 de unidades de nitrógeno con 120 de potasio, se obtienen los mejores valores de rendimiento de forraje verde, esto puede explicarse, ya que existe una estrecha relación entre el potasio y el nitrógeno, mientras que el primero es un activador enzimático y regulador de varios procesos metabólicos de la planta, el segundo es esencialmente estructural, en ese sentido acorde a lo señalado por Marschner (1995) el cual señala que el potasio, juega un rol determinante en la síntesis de proteínas al activar la nitrato reductasa y ser requerido para su síntesis, siendo esta enzima importante en la reducción del nitrato (NO^{-3}) a nitrito (NO^{-2}) proceso importante en la generación de compuestos estructurales a base de nitrógeno y este a su vez en la formación de cadenas carbonadas que darán lugar a varios compuestos estructurales necesarios para las plantas (Marschner, 1995).

Por otro lado, Potash Development Association (2008) señala que en las plantas los niveles de potasio son bajos la síntesis de proteínas puede ser reducida a pesar que haya abundante disponibilidad de nitrógeno, señala también que el potasio ayudaría a mejorar la toma de nitrógeno del suelo y su posterior conversión a aminoácidos, por lo tanto; mantener un adecuado nivel de potasio es importante para maximizar un mejor uso del nitrógeno dentro de la planta. (Cockcroft, 2008).

4.3.11. Comparación de índice de verdor y digestibilidad a la cosecha de los tres niveles de nitrógeno



Figura 22. Tratamiento con 250 unidades de nitrógeno (N) y 120 unidades de potasio (K)



Figura 23. Tratamiento con 220 unidades de nitrógeno (N) y 120 unidades de potasio (K)



Figura 24. Tratamiento con 190 unidades de nitrógeno (N) y 120 unidades de potasio (K)

Según las evaluaciones finales hasta la cosecha, se observó que con los niveles de nitrógeno de 250 unidades por 120 de potasio (figura 22), en los tres bloques las plantas se mantuvieron con mejor stay green (se mantienen las hojas verdes o con mejor verdor) comparado con los niveles de 220 y 190 unidades de nitrógeno, por lo tanto; las plantas aportaron un mayor peso en la cosecha, se asume que la respuesta se debe a la mayor disponibilidad de nitrógeno y potasio, donde las plantas con estos niveles tuvieron una mejor actividad metabólica.

Mientras con niveles inferiores de 220 y 190 unidades de nitrógeno, sufrieron una moderada senescencia temprana con una diferencia mínima entre ambos (secamiento o envejecimiento de hojas) por falta principalmente de nitrógeno, al final con estos niveles las plantas perdieron peso y la calidad nutricional.

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el del maíz. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en

el crecimiento y del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas (Torres, 2016).

Los síntomas visuales de deficiencias de nitrógeno no son fácilmente detectables en estadíos tempranos del ciclo del cultivo, pudiendo aparecer síntomas severos a partir de seis a siete hojas desarrolladas. El estrés nitrogenado hace que las hojas toman una coloración verde claro a amarillenta debido a la merma en el contenido de clorofila. El amarillamiento y senescencia foliar producido por la escasez de nitrógeno comienza por las hojas basales avanzando desde la punta hacia la base de las mismas en forma característica de "V" invertida (Andrade, 1996).

Surgen varias combinaciones entre la permanencia del contenido de clorofila y la capacidad fotosintética, determinándose cinco tipos de stay green. En la práctica, éste puede ser dado por una combinación de dos o más tipos. En etapas tempranas de desarrollo del cultivo, los híbridos que retardan la aparición de síntomas de senectud particionan más carbono y nitrógeno hacia las hojas, en comparación con los híbridos que no poseen esta propiedad, resultando en un mayor contenido específico de nitrógeno en la hoja. Existe la hipótesis de que un mayor contenido específico de nitrógeno inicia una cadena de respuestas que incluyen una mayor eficiencia en el uso de la radiación y de la transpiración, lo cual permite a la planta alcanzar un mayor potencial de rendimiento (Borrás, Maddoni y Otegui, 2006).

Los efectos de las bajas temperaturas se manifiestan sobre las funciones enzimáticas como sobre las propiedades de las membranas y se ponen en evidencia

por la reducción de la fotosíntesis, del crecimiento, de la extensión de las hojas y por la absorción de agua y nutrimentos (Miedema, 1982).

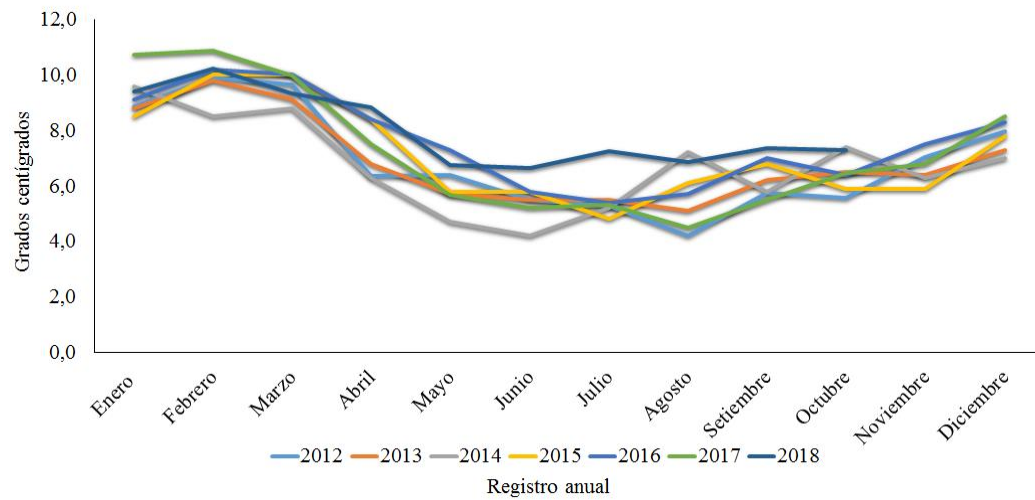


Figura 25. Suma de grados día base 10 °C

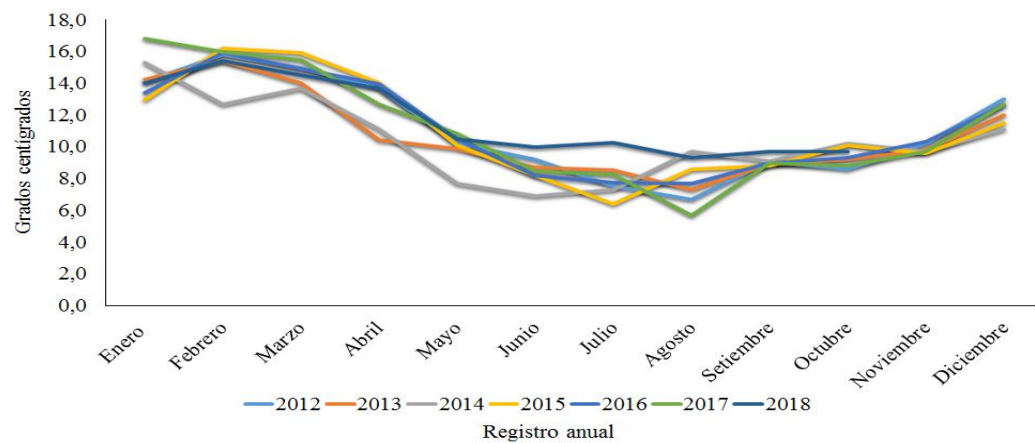


Figura 26. Registro de temperatura mínima en °C

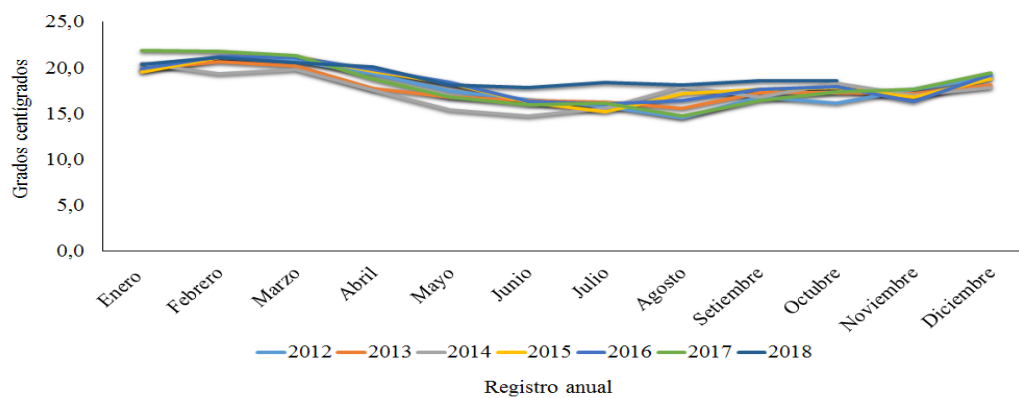


Figura 27. Registro de temperatura media en °C

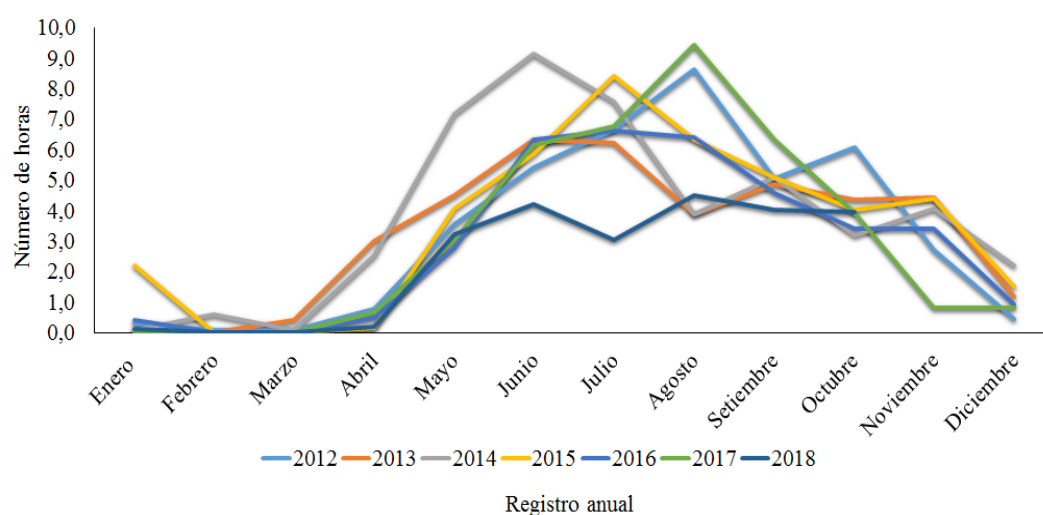


Figura 28. Registro de suma de horas frío en °C

El cultivo de maíz requiere una temperatura que va de 12,8 a 30 °C para obtener una buena producción con alta calidad, considerando que con menores a 12,8 °C no alcanzará a su máxima expresión de desarrollo de su potencial genético, a falta de metabolismo de la planta por efecto de bajas temperaturas (Ruíz, 1999).

Tabla 38

Requerimiento de temperatura de cultivo de maíz en grados días

| Etapa fenológica | Días DDS | Días en cada etapa fenológica | Temperatura en °C | | | | Suma de temperaturas en base a 10 °C |
|--|----------|-------------------------------|-------------------|-------|--------|--------|--------------------------------------|
| | | | Mínima | Media | Máxima | Óptima | |
| Siembra -emergencia | 0 - 10 | 10 | 8 | | 42 | 25 | 60 |
| Registro de campo de investigación | | | 8,66 | 15,18 | 24,25 | | 62,16 |
| Emergencia - aparición de panoja | 90 | 80 | 12 | | 40 | 30 | 350 - 550 |
| Registro de campo de investigación | | | 8,89 | 14,42 | 25,66 | | 353,6 |
| Aparición de panoja - floración | 90 - 105 | 15 | 13 | | 38 | 19 | 130 - 160 |
| Registro de campo de investigación | | | 9,19 | 15,97 | 25,39 | | 89,55 |
| Floración - madurez | 105 -150 | 45 | 21 | | 32 | 30 | 550 - 600 |
| Registro de campo de investigación | | | 11,82 | 16,28 | 24,2 | | 282,6 |
| Total, suma de grados de temperatura referencial | | | | | | | 1, 370 |
| Total, suma de grados de temperatura de campo de investigación | | | | | | | 787,91 |
| Déficit total de grados de temperatura de campo de investigación | | | | | | | 582,09 |

Tabla 39

Matriz de correlaciones múltiples

| | | Emergencia | Altura de planta | Hojas finales | Hojas verdes | Granos mazorca | Área Foliar | Altura mazorca | Longitud de mazorca | Peso de mazorca | Peso de grano | Peso de 100 granos | Peso de planta | Rendimiento de mazorca | Rendimiento de granos | Rendimiento de forraje |
|------------------------|--|------------|------------------|---------------|--------------|----------------|-------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------|--------------------|----------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| Emergencia | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | 1 | -,132 | -,120 | ,073 | ,056 | ,088 | ,052 | ,057 | ,040 | ,024 | ,123 | ,118 | ,040 | ,024 | ,118 |
| | | | ,513 | ,550 | ,719 | ,782 | ,662 | ,798 | ,779 | ,845 | ,907 | ,542 | ,557 | ,845 | ,907 | ,557 |
| Altura de planta | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | -,132 | 1 | ,113 | -,010 | -,103 | -,140 | ,423* | -,116 | -,286 | ,056 | -,046 | -,008 | -,286 | ,056 | -,008 |
| | | | | ,576 | ,962 | ,610 | ,487 | ,028 | ,563 | ,147 | ,781 | ,820 | ,970 | ,147 | ,781 | ,970 |
| Hojas finales | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | -,120 | ,113 | 1 | ,196 | ,066 | ,039 | ,016 | ,136 | ,097 | ,199 | -,383* | -,023 | ,097 | ,199 | -,023 |
| | | | | | ,328 | ,742 | ,847 | ,937 | ,498 | ,630 | ,319 | ,049 | ,908 | ,630 | ,319 | ,908 |
| Hojas verdes | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,073 | -,010 | ,196 | 1 | -,125 | ,291 | -,080 | ,080 | ,084 | ,053 | -,203 | -,108 | ,084 | ,053 | -,108 |
| | | | | | | | ,692 | ,692 | ,675 | ,793 | ,309 | ,591 | ,675 | ,793 | ,591 | |
| Granos mazorca | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,056 | -,103 | ,066 | -,125 | 1 | -,072 | ,027 | ,228 | ,747** | ,759** | ,240 | ,435* | ,747** | ,759** | ,435* |
| | | | | | | | ,722 | ,893 | ,252 | ,000 | ,000 | ,228 | ,024 | ,000 | ,000 | ,024 |
| Área Foliar | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,088 | -,140 | ,039 | ,291 | -,072 | 1 | ,210 | ,262 | ,004 | -,020 | -,287 | ,204 | ,004 | -,020 | ,204 |
| | | | | | | | | ,294 | ,187 | ,984 | ,922 | ,147 | ,308 | ,984 | ,922 | ,308 |
| Altura mazorca | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,052 | ,423* | ,016 | -,080 | ,027 | ,210 | 1 | -,357 | -,343 | ,150 | ,143 | ,303 | -,343 | ,150 | ,303 |
| | | | | | | | | | ,067 | ,080 | ,454 | ,476 | ,124 | ,080 | ,454 | ,124 |
| Longitud de mazorca | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,057 | -,116 | ,136 | ,080 | ,228 | ,262 | -,357 | 1 | ,328 | ,132 | -,281 | ,267 | ,328 | ,132 | ,267 |
| | | | | | | | | | | ,095 | ,513 | ,155 | ,178 | ,095 | ,513 | ,178 |
| Peso de mazorca | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,040 | -,286 | ,097 | ,084 | ,747** | ,004 | -,343 | ,328 | 1 | ,682** | ,258 | ,336 | 1,000** | ,682** | ,336 |
| | | | | | | | | | | | ,000 | ,194 | ,086 | 0,000 | ,000 | ,086 |
| Peso de grano | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,024 | ,056 | ,199 | ,053 | ,759** | -,020 | ,150 | ,132 | ,682** | 1 | ,231 | ,310 | ,682** | 1,000** | ,310 |
| | | | | | | | | | | | | ,246 | ,115 | ,000 | 0,000 | ,115 |
| Peso de 100 granos | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,123 | -,046 | -,383* | -,203 | ,240 | -,287 | ,143 | -,281 | ,258 | ,231 | 1 | ,217 | ,258 | ,231 | ,217 |
| | | | | | | | | | | | | | ,277 | ,194 | ,246 | ,277 |
| Peso de planta | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,118 | -,008 | -,023 | -,108 | ,435* | ,204 | ,303 | ,267 | ,336 | ,310 | ,217 | 1 | ,336 | ,310 | 1,000** |
| | | | | | | | | | | | | | | ,086 | ,115 | 0,000 |
| Rendimiento de mazorca | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,040 | -,286 | ,097 | ,084 | ,747** | ,004 | -,343 | ,328 | 1,000** | ,682** | ,258 | ,336 | 1 | ,682** | ,336 |
| | | | | | | | | | | | | | | | ,000 | ,086 |
| Rendimiento de granos | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,024 | ,056 | ,199 | ,053 | ,759** | -,020 | ,150 | ,132 | ,682** | 1,000** | ,231 | ,310 | ,682** | 1 | ,310 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | ,115 |
| Rendimiento de forraje | Correlación de Pearson Sig (bilateral) | ,118 | -,008 | -,023 | -,108 | ,435* | ,204 | ,303 | ,267 | ,336 | ,310 | ,217 | 1,000** | ,336 | ,310 | 1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

* La correlación .es significativa en el nivel 0,05 (bilateral)

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

La matriz de correlaciones múltiples señala lo siguiente:

- Existe una correlación significativa 0,05 (bilateral) entre: altura hojas finales y altura de mazorca ($p = 0,028$) y un coeficiente de correlación de Pearson de 0,423*

- Existe una correlación altamente significativa 0,01 (bilateral) entre:
Granos de mazorca y peso de mazorca ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,747**

Granos de mazorca y peso de grano ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,759**

Granos de mazorca y rendimiento de mazorca ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,747**

Granos de mazorca y rendimiento de granos ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,759**

Granos de mazorca y rendimiento de forraje ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,435**

Peso de mazorca y peso de grano ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,682**

Peso de mazorca y rendimiento de mazorca ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 1,000**

Peso de mazorca y rendimiento de granos ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,682**

Peso de grano y rendimiento de mazorca ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,682**

Peso de grano y rendimiento de granos ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 1,000**

Peso de planta y rendimiento de forraje ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 1,000**

Rendimiento de mazorca y rendimiento de granos ($p = 0,000$) y coeficiente de correlación de Pearson de 0,682**

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Bajo las condiciones que se desarrolló el presente ensayo se puede concluir lo siguiente:

Primera. El mejor efecto de niveles nitrógeno y potasio tuvieron los tratamientos T9 con 120 unidades de potasio por 250 de nitrógeno y T5 de 90 unidades de potasio por 220 de nitrógeno, empleando riego por goteo en el cultivo de maíz forrajero híbrido DK – 1596.

Segunda. Los tratamientos tuvieron mejor rentabilidad en producto final, considerando la efectividad de la relación de nitrógeno y potasio, fueron los tratamientos: T9 con 250 unidades de nitrógeno por 120 de potasio, alcanzando una rentabilidad neta de 0,54 % igual a una relación costo beneficio de S/ 1,54 y del mismo modo para T5, con 220 unidades de nitrógeno por 90 de potasio, logrando una rentabilidad neta de 0,52 % igual a una relación de costo beneficio de S/ 1,52 respectivamente.

Tercera. Igualmente, los tratamientos que alcanzaron a un mejor rendimiento de forraje verde, fueron los niveles: T9 con 250 unidades de nitrógeno

por 120 potasio, seguido del T5 con 220 unidades de nitrógeno por 90 de potasio. De esta manera se comprobó que el mejor nivel de nitrógeno, está entre 250 y 220 unidades y 120 de potasio.

5.2. Recomendaciones

Primera. Se recomienda la aplicación de nitrógeno entre 250 y 220 unidades y de potasio de 120 por su mejor efectividad, bajo riego por goteo para la zona de Agrícola Pampa Baja y la irrigación del distrito de Majes – el Pedregal.

Segunda. Usar los niveles de 250 unidades de nitrógeno con 120 potasio y 220 unidades de nitrógeno con 90 de potasio, para Agrícola Pampa Baja, y para la irrigación de Majes, el Pedregal y lugares aledañas, para mejorar la rentabilidad del producto final del cultivo de maíz forrajero.

Tercera. Se sugiere el estudio de otros nutrientes como el fósforo y su interacción con el nitrógeno y potasio con previo análisis de suelo, para encontrar el nivel más adecuado de estos elementos macronutrientes, y así se pueda obtener un mejor rendimiento y su calidad del cultivo de maíz forrajero y el producto terminado como ensilado de maíz, que es el componente de un 60 % de la ración alimenticia de ganado lechero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S. (1991). *Efecto del fraccionamiento en cuatro niveles de nitrógeno en la producción de maíz (Zea mayz L.) opaco mal paso para forraje*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, Perú.
- Agrícola Pampa Baja SAC. (2016). *Reporte de estación meteorológica*. Arequipa - Perú. Registro de datos meteorológicos anuales.
- Aloni, R. (1991). *Xylem in the root shoot junction of cereals planta*, Roma, Italia. Boletín técnico, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO.
- Andrade, J. (1996). *El rol de nitrógeno y el fósforo en la producción de maíz*, Buenos Aires, Argentina. Editorial Hemisferio Sur. Producción moderna de maíz.
- Antúnez, A. (2014). *Uso eficiente del agua de riego*. Rengo, Chile. Boletín técnico del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA.
- Bejarano, A. (2000). *Los basales llamados hijuelos o macollas, las cobran importancia en plantíos que resultan de baja densidad*, La Habana, Cuba. Artículo científico, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, INCA.
- Bermejo, M. (1999). *Efecto de nitrógeno y estiércol en el rendimiento de maíz forrajero (Zea mayz L.) cv opaco mal paso en zonas áridas*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, Perú.

- Borrás, L. Maddoni, G y Otegui, M. (2006). *Leaf senescence in maíz hybrids, plant opulationm, row spacing and kernel set effects stay green en maíz*, Buenos Aires, Argentina. Editorial La Barrosa Cárcova.
- Cabrera, G. (1992). *Características agronómicas químicas importantes en híbrido de maíz para forraje con alto valor energético*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad del Oriente. México.
- Cockcroft, R. (2008). *Aspectos para la producción de maíz forrajero e importancia de su fertilización con NPK*. México. Artículo científico, de la Asociación de Desarrollo de Poliurea, PDA.
- Cruz, J. (2017). *Pasos para mejorar un ensilaje de maíz*. México. Boletín técnico de rumientes de industria privada, de salud, nutrición animal, ciencia de cultivos y bebidas, ALLTECH.
- Darwich, N. (1998). *Función vital de potasio en el cultivo de maíz*, (Tesis para optar el grado de Maestría en Agronegocios). Universidad Nacional de Mar de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Delgado, R. (2004). *Efecto de nitrógeno en el tipo de suelo y la época en la producción de maíz*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Domínguez, A. (1993). *Principales características de riego por goteo*, (Tesis para optar el grado de Doctor). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Duncan, W. (1975). *Producción de mazorcas por planta en poblaciones ahijadoras de maíz en dos densidades de población*. Universidad

Autónoma del Estado de México. Revista científica, recuperada de
<http://www.redalyc.org/html/610/61009904/>

- Estrada, J. (1996). *Manejo y equilibrio nutricional en riego por goteo dinámico para la biosostenibilidad del suelo*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Gámez, R. (2002). *Clasificación de minerales primarios y micronutrientes*, Quito, Ecuador. Boletín técnico, de investigación y educación. Del instituto de la potasa y el fósforo, INPOFOS.
- Gething, P. (1994). *Nuevo híbrido de maíz amarillo, deficiencia de potasio en la plantas de maíz*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Gonzales, A. (1995). *Clasificación taxonómica de maíz*, España. Revista científica, recuperada de <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215047017.pdf>
- Graziano, J. (2001). *El origen del cultivo de maíz*. México. Revista científica, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Recuperada de <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>
- Guillen, A. (1998). *Fertilización potásica y oportunidades de fraccionamiento en maíz (Zea mays L.) para forraje*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional San Agustín, La Joya, Arequipa, Perú.
- Gutiérrez, A. (2012). *Características del híbrido Dekalb DK – 1596. Perú*. Guía técnica, representada de la asociación de semillas en el Perú, de la industria de agronegocios, MONSANTO.

- Tarjuelo, J. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. Madrid, España. Editorial, Ediciones Mundi, 3ra edición.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos segunda edición, principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*. México. Editores Internacional Thomson S.A.
- Lamm, R y Camp, C. (1998). *La reducción de volumen de agua con riego por goteo*. Buenos Aires, Argentina. Informe técnico, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA.
- Llanos, M. (1984). *La importancia de temperatura de suelo*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad Villaviencio, Colombia.
- López, L. (1991). *Cultivos herbáceos, emergencia volumen I cereales*. Madrid, España. Editorial, Mundi Prensa.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Universidad de Hohenheim, Alemania. Editorial, Prensa académica del Instituto de Nutrición Vegetal, segunda edición.
- Martínez, J. (1994). *El cultivo de maíz y su eficiencia con riego por goteo*, (Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo), Universidad de Guadalajara, México.
- Miedema, P. (1982). *The effects of low temperature on Zea mays*. Washington, Estados Unidos de América. Artículo científico.
- Miguez, F y Windauer, L. (2008). *Efecto de la fertilización con sulfato de amonio sobre el rendimiento, contenido de proteína y aceite en grano de maíz*,

(Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina.

Montemayor, T. (2015). *Rendimiento y calidad de maíz forrajero*. México. Revista internacional de botánica experimental, Editorial, *International Journal of Experimental Botany* publishes.

Orozco, V. (2010). *Incorporación de fertilizante con fuente de fósforo*, (Tesis para optar el grado de Magíster). Universidad Nacional de Colombia, Riobamba, Colombia.

Rodríguez, J. (2012). *La importancia de maíz en la alimentación humana y animal*, Arequipa, Perú. Boletín técnico Nro. 187. Publicada por la empresa privada de lácteos y otros, GLORIA S.A.

Rodríguez, S. (2010). *Presencia de nitrógeno como componente del aire y en forma orgánica*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad Nacional de Asunción, Paraná, Minga Guazú, Paraguay.

Rusell, E. (1993). *Comportamiento y distribución fitomasal para la producción de forraje en seis híbridos de maíz*, (Tesis para optar el grado de Magíster), University Prees, Cambridge, Argentina.

Ruíz, J. (1999). *Requerimientos agroecológicos de cultivos*, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. Libro técnico Nro. 3, Noviembre, 2013. Editorial, Prometo Editores, S. A.

Salazar, P y Cabrera, G. (2002). *La raíz seminal o principal se origina en la radícula luego de la germinación, maíz amiláceo, papa, frijol, trigo y*

cebada, (Tesis para optar el grado de Doctor). Universidad de Zulia, Trujillo, Venezuela.

Salazar, P. (1990). *El cultivo del maíz en el estado de Trujillo*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad del Zulia, Venezuela.

Salisbury, F. (1992). *Fisiología Vegetal*, Distrito Federal, México. Editorial, Iberoamericano.

Sánchez, G. (1992). *Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México*. Santiago Momoxpan, Puebla, México. Artículo científico.

Sillanpaa, M. (1972). *Potasio en el cultivo de maíz, desarrollo rural carámbula, M. Cultivos forrajeros de alta eficiencia*, (Tesis para optar el grado de Magíster). Universidad de la República Uruguay, Montevideo, Uruguay.

Strassburger, E. (1994). *Tratado de botánica*. México. Editorial, Omega.

Torres, M. (2016). *Fertilización nitrogenada de cultivo de maíz*, Buenos Aires, Argentina. Artículo científico, proyecto de fertilizantes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA.

Turati, R y Rivero, E. (2000). *Invalidez del índice de pH. Asamblea internacional de conservación del suelo - ISCO*, Buenos Aires, Argentina. Artículo científico.

Villagarcía, S. (1990). *La importancia de cultivo de maíz anivel mundial y fertilización nutrición mineral*, (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.